

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE**  
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação em Distúrbio do Desenvolvimento**

**MODULAÇÃO DA ORIENTAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA ATENÇÃO  
POR MEIO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE  
CONTÍNUA**

Aluno

Ricardo Rafael de Araújo

Orientador

Prof. Dr. Luiz Renato Rodrigues Carreiro

SÃO PAULO  
2011

Ricardo Rafael de Araujo

MODULAÇÃO DA ORIENTAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA ATENÇÃO POR  
MEIO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Renato Rodrigues Carreiro

São Paulo

2011

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

#### FICHA CATALOGRAFICA

Gerada pela Biblioteca Central da Universidade Presbiteriana Mackenzie-SP

A663m Araújo, Ricardo Rafael.

Modulação da orientação temporal e espacial da atenção por meio de estimulação transcraniana por corrente contínua / Ricardo Rafael Araújo.

79 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Distúrbios do desenvolvimento) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

Bibliografia: f. 66-71

1. CPFDL. 2. Atenção espacial. 3. Atenção temporal. 4. Tempo de reação. 5. ETCC I. Título.

CDD 615.845

Ricardo Rafael de Araujo

MODULAÇÃO DA ORIENTAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA ATENÇÃO POR  
MEIO DA ESTIMULAÇÃO TRANSCRANIANA POR CORRENTE CONTÍNUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento.

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luiz Renato Rodrigues Carreiro – Orientador  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

---

Prof. Dr. Hamilton Haddad Jr.  
Faculdade de Medicina do ABC

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer à minha família, que sempre me incentivou a continuar com os estudos, especialmente à minha mãe que através de nossas conversas me fez valorizar cada vez mais a esta trajetória que estou trilhando.

Um agradecimento especial ao meu orientador Luiz Renato Rodrigues Carreiro, que desde as primeiras aulas de pesquisa que tivemos sempre despertou em mim o interesse científico e a vontade por continuar por este caminho, além de ter me ensinado muito do que sei sobre pesquisa e também sobre a docência.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Boggio por ter sido meu primeiro professor de neurociências, e ter sido efetivamente a primeira pessoa a me mostrar que a área acadêmica seria um bom caminho a se seguir, inclusive neste trabalho, pois na realidade ele foi como um co-orientador, auxiliando em todos os aspectos relevantes deste estudo.

Ao Prof. Dr. Hamilton Haddad Jr. por suas importantíssimas contribuições para este trabalho, como integrante da banca.

À Camila Campanhã, por ter sido o meu braço direito durante toda a coleta de dados, me auxiliando na realização deste estudo duplo-cego.

A todos os alunos que também me auxiliaram como a Natália, o Lucas, a Cindy, o Ivan, à Patrícia, e todos os outros pesquisadores do laboratório de neurociências, que me receberam muito bem em seu local de estudos.

A todos os colaboradores, pois sem eles esta pesquisa teria se concretizado.

Ao Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo, por ter me ensinado muito desde que entrei na pós-graduação, e por ser uma pessoa incrível e de muito valor.

Aos meus colegas do grupo de estudos de Atenção, que são sempre muito receptivos e companheiros, especialmente à Regina, por ter contribuído valiosamente para os primeiros passos deste trabalho.

À Carine Franceschi Saito, por ter contribuído enormemente me motivando a seguir a área acadêmica, desde a iniciação científica até hoje, ao término do mestrado.

À minha avó, Margarida, com quem sempre tive conversas valiosas, e ter sido uma das pessoas que mais tem reconhecido o meu esforço nos estudos.

Aos meus amigos que moram no interior, que sempre estiveram disponíveis em todos os momentos que precisei.

Ao MackPesquisa, pelo auxílio por forma de bolsa, concedida desde a minha entrada no programa de pós-graduação.

## RESUMO

A atenção pode ser compreendida como um conjunto de mecanismos neurais que facilitam o processamento de informações, pensamentos ou ações relevantes enquanto ignoram outros irrelevantes ou dispersos. Deste modo a atenção permite que o organismo interaja de maneira adequada com o ambiente. Dentre as estruturas cerebrais associados ao controle da atenção, o Córtex Prefrontal Dorsolateral (CPF DL) tem tomado papel de destaque na literatura atual como uma região associada ao controle comportamental. A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) se baseia na aplicação de corrente elétrica de baixa intensidade por meio de eletrodos posicionados no escalpe com o objetivo de modular a atividade de diferentes regiões cerebrais e tem sido utilizada como modo de estudo da função cerebral. Esse trabalho tem como objetivo verificar como a atenção pode ser modulada a partir da aplicação ETCC bilateral sobre o CPF DL, utilizando medidas de tempo de reação (TR) em tarefas de orientação temporal e espacial. Para Tanto foram planejados e executados dois experimentos. No primeiro experimento, relativo à orientação voluntária da atenção espacial, cada participante deveria orientar a atenção para a posição do espaço indicada por uma seta. O segundo experimento, relativo à orientação voluntária da atenção temporal, cada participante deveria orientar a atenção para o intervalo temporal de maior recorrência. Em ambos os casos os participantes deveriam responder o mais rapidamente possível ao aparecimento do alvo pressionado uma tecla de joystick registrando-se assim o seu TR. Participaram desse estudo 18 alunos de graduação (12 no primeiro desenho experimental, e para o segundo desenho experimental foram adicionados mais 6 colaboradores) na faixa etária de 19 à 25 anos. A cada sessão os colaboradores deveriam responder a ambos os experimento enquanto eram submetidos a diferentes polaridades de ETCC (anódica, catódica e placebo) sobre o CPF DL. Foram feitas análises de variância para comparar os fatores estudados. No experimento de orientação espacial a condição anódica produziu TR menores em comparação à condição placebo. No caso do experimento de orientação temporal foi observado que na modulação anódica houve um aumento nos TR no intervalo menos recorrente de 500 ms, indicando que a ETCC anódica pode ter influenciado de modo mais efetivo o direcionamento atencional aos intervalos mais frequentes. Neste sentido é possível sugerir a existência de um efeito facilitatório da ETCC anódica na modulação do CPF DL, o que gerou um impacto no direcionamento atencional, diminuindo os TR para a condição válida (orientação espacial) quando comparados a ETCC placebo.

Palavras chave: CPF DL, Atenção, ETCC

## ABSTRACT

Attention can be understood as a set of neural mechanisms that enhance the processing of relevant information, thoughts or actions while ignoring irrelevant or scattered stimuli. Thus, attention allows the organism to interact in a proper way with the environment. Among the brain structures associated with the control of attention, the Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC) has a remarkable role in current literature as a region associated with behavioral control. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is based on the application of a low intensity electric current through electrodes placed in the scalp, aimed at modulating the activity of different brain areas. This technique has been used to study brain functions. This study has the objective of verifying how attention can be modulated through the application of bilateral tDCS on DLPFC using measures of reaction time (RT) in tasks of temporal and spatial orientation. To accomplish that, two experiments were planned and executed. In the first one, which focused on the voluntary orienting of spatial attention, each participant had to orient attention to the position indicated by an arrow; in the second, on voluntary orienting of temporal attention, each participant had to orient attention to the most frequent time interval of visual targets. In both cases, participants had to respond as fast as possible when the target was displayed by pressing a joystick key. RTs were registered. The sample was composed of 18 undergraduate students, age range 19-25 years old (12 for the first experiment and 6 more for the second). In each experiment, subjects were submitted to three tDCS conditions (anodal, cathodal and sham) on the DLPFC during the undertaking of tests. Analyses of variance were made, in order to compare the involved factors. For the experiment of spatial orientation, the anodal condition produced lower RTs, when compared to sham. For the temporal orienting experiment it was observed that, in the anodal modulation, RTs were increased for the less frequent interval (500 ms), indicating that the anodal tDCS can have influenced in a more effective way attentional orienting to the most frequent intervals. Therefore it is possible to postulate the existence of a facilitating effect of anodal tDCS in the modulation of DLPFC, which generated an impact in attentional orienting, lowering RTs to the valid condition (spatial) when compared to sham tDCS.

Keywords: DLPFC, Attention, tDCS

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Possibilidades de composição de letras	20
Figura 2. Seqüência temporal para apresentação dos estímulos no Experimento I	26
Figura 3. Seqüência temporal para apresentação dos estímulos no Experimento II	27
Figura 4. Representação esquemática da ação da ETCC no CPFDL	44



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Organização dos desenhos experimentais e caracterização dos sujeitos	23
Tabela 2. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento I	32
Tabela 3. Diferenças nos TR entre as condições válidas e inválidas em função das sessões	33
Tabela 4. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II nos intervalos de 100; 300; 500 ms	35
Tabela 5. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II nos intervalos de 500; 700; 900 ms	36
Tabela 6. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas que compara os TR para os alvos no intervalo de 500 no Experimento II	38
Tabela 7. Diferenças nos TR para os alvos no intervalo de 500 no Experimento II	39
Tabela 8. Resultados da ANOVA do Experimento 1, no desenho experimental I	39
Tabela 9. Resultados da ANOVA do Experimento 1, no desenho experimental II	46
Tabela 10. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 100; 300; 500 ms	49
Tabela 11. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 500; 700; 900 ms	49
Tabela 12. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 100; 300; 500 ms	51
Tabela 13. Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 500; 700; 900 ms	51

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Correlação não significativa dos fatores “Sessão” e “Condição”.	33
Gráfico 2. Tempo de Reação em função das sessões e condições por intervalo	34
Gráfico 3. Tempo de Reação em função das sessões e condições por intervalo.	37
Gráfico 4. Tempo de Reação em função das sessões e condições por intervalo	38
Gráfico 5. Tempo de Reação em função dos intervalos pista-alvo de 300 e 800 ms	40
Gráfico 6. Tempos de Reação para cada uma das condições de estimulação (Anódica; Placebo e Catódica)	42
Gráfico 7. Diferenças no TR entre as condições de estimulação	45
Gráfico 8. Tempos de Reação para cada uma das condições de estimulação (Anódica; Placebo e Catódica) no desenho experimental I	47
Gráfico 9. Diferenças no TR entre as condições de estimulação	48
Gráfico 10: Tempo de Reação em função dos tipos de estimulação e intervalos pista-alvo.	50
Gráfico 11. Tempo de Reação em função dos tipos de estimulação e intervalos pista-alvo	52
Gráfico 12. Comparação dos Tempos de Reação para o intervalo de 500 nos blocos 100/300/500 e 500/700/900.	54
Gráfico 13: Comparação dos Tempos de Reação para o intervalo de 500 nos blocos 100/300/500 e 500/700/900,	54

## Sumário

---

1. INTRODUÇÃO	1
2. QUADRO TEÓRICO	4
2.1. Atenção	4
2.1.1. Modos de Orientação da Atenção	5
2.1.1.1. Orientação Espacial da Atenção	6
2.1.1.2. Orientação Temporal da Atenção	8
2.1.2. Circuitos cerebrais da Atenção	9
2.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC)	14
2.2.1. Modulação Cognitiva da ETCC	15
3. OBJETIVOS	22
4. MÉTODO	23
4.1. Sujeitos	23
4.2. Aparato Experimental	24
4.2.1. Experimento I: Orientação voluntária da Atenção Espacial	25
4.2.2. Experimento II: Orientação Voluntária da Atenção Temporal	26
4.3. Procedimentos	27
4.3.1. Aplicação da ETCC	28
4.3.2. Critérios de segurança da ETCC	29
4.4. Análise dos dados	31
5. RESULTADOS	32
5.1. Experimento Piloto	32
5.1.1. EXPERIMENTO 1 Piloto: Orientação voluntária espacial da atenção	32
5.1.2. EXPERIMENTO 2 Piloto: Orientação voluntária temporal da atenção Intervalos de 100; 300; 500 ms	35
5.1.2.1. Comparação do TR para os Intervalos de 500 nos blocos com maior probabilidade a 300 ms e a 700 ms.	37
5.2. Experimentos com procedimento de estimulação	39
5.2.1. EXPERIMENTO I: Orientação Voluntária Espacial da Atenção	39
5.2.1.1. Desenho Experimental 1	39
5.2.1.2. Desenho Experimental 2	45
5.3. EXPERIMENTO II: Orientação Voluntária Temporal da Atenção	49
5.3.1. Desenho Experimental 1	49
5.2.2. Desenho Experimental 2	51
5.3. Comparações dos números de erros	55
5.4. Análise dos instrumentos AC, ASRS e Questionário de efeitos colaterais da ETCC	55
7. Conclusões	56
8. Referências	58
ANEXOS	66

## 1. INTRODUÇÃO

A atenção pode ser compreendida como um conjunto de mecanismos neurais que possibilitam o processamento de informações, pensamentos ou ações relevantes enquanto ignoram outros, irrelevantes ou dispersos (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006). Desse modo, a atenção permite que o organismo interaja de maneira adequada com o ambiente, podendo priorizar informações importantes e descartar informações não relevantes (PALMER, 1999, POSNER, 1980, CARREIRO, 2003).

A atenção é uma função cognitiva que atua de modo integrado com várias outras funções. Por exemplo, sabe-se que, ao se prestar atenção a um determinado evento, as chances de que ele seja armazenado na memória aumentam. Prestar atenção a um texto lido aumenta as chances de compreender a informação descrita por ele. Além disso, nossa capacidade de reagir aos estímulos do ambiente é beneficiada, pois conseguimos ser mais rápidos, por exemplo, se prestarmos atenção a um carro ao cruzarmos uma via (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

A todo instante são produzidos no ambiente, diversos estímulos com diferentes qualidades e graus de relevância. Eles competem pela atenção do organismo e, caso sejam selecionados, terão seu processamento priorizado. Dessa forma, a atenção tem um papel prioritário no modo como organismo recebe e processa as informações do ambiente e em como ele seleciona estratégias comportamentais em resposta a essas informações.

Esse papel prioritário e suas conseqüências para o dia-a-dia podem ser observados em modelos fisiopatológicos nos quais a atenção está comprometida. Um modelo importante para o estudo dessa função cognitiva e que tem ganhado destaque nos dias atuais é o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Nesse transtorno, as alterações atencionais causam, por exemplo, erros por descuido, dificuldade de focar a atenção por períodos longos, dentre outros, e podem gerar prejuízos em esferas sociais, educacionais e familiares, comprometendo a capacidade adaptativa do sujeito (MATTOS et al., 2006). Além disso, tem-se estudado atualmente problemas de controle atencional em pessoas com dano em regiões frontais do cérebro, observados, por exemplo, em alterações no desempenho em tarefas de tempo de reação (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011).

Ao córtex pré-frontal tem sido atribuída a uma série de funções no controle comportamental, por exemplo, o papel do risco na tomada de decisão (BOGGIO et al., 2010a, BOGGIO et al., 2010b, FECTEAU et al., 2007), no controle, manutenção e manipulação de itens na memória (FREGNI et al., 2005, BOGGIO, 2006) e, mais recentemente, seu papel no controle atencional tem sido estabelecido por estudos de modelos fisiopatológicos e suas intervenções (medicamentosa ou não medicamentosa) e modelos de pacientes com lesão cerebral (STONE et al, 2009, KANG et al, 2009).

Uma possibilidade de intervenção que tem se mostrado promissora nos últimos anos, tanto para o estudo da função cerebral e sua relação com o processamento cognitivo e emocional, quanto para propor alternativas de intervenção, é a técnica de modulação da atividade neural usando a aplicação de uma corrente elétrica contínua de baixa intensidade por meio de eletrodos posicionados no escalpe. Esse procedimento é conhecido como Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua, ou ETCC. Seus efeitos são dependentes da polaridade aplicada, da intensidade da corrente elétrica e do tempo de aplicação (NITSCHE et al., 2008).

Tal técnica tem se mostrado eficaz em intervenções com pacientes com disfunções cerebrais associadas a doenças degenerativas, tais como Alzheimer, transtornos depressivos e disfunções do impulso. Mais recentemente, tem sido cogitada como possibilidade de intervenção em casos de TDAH (BOGGIO et al., 2009). Entretanto, antes de estudos experimentais que avaliem a eficácia da aplicação de uma corrente elétrica contínua de baixa intensidade para o tratamento das desordens atencionais, devem ser feitos estudos que examinem as características necessárias para essa estimulação. Tais estudos devem verificar, por exemplo, a área em que a estimulação deva ser aplicada para que o efeito de modulação atencional seja obtido. Ademais, é preciso compreender quais aspectos de orientação e manutenção da atenção (como os aspectos voluntários, automáticos, temporais ou espaciais) podem ser modulados por quais características da estimulação (duração, intensidade, polaridade, local).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar de que modo a atenção voluntária, nos seus aspectos espaciais e temporais, pode ser modulada a partir do uso da técnica de ETCC (tanto anódica quanto catódica) com sua aplicação bilateral sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL). Na literatura específica há poucos estudos dedicados a

tais objetivos, de forma que esta pesquisa se caracteriza por um trabalho descritivo exploratório aplicado em sujeitos saudáveis. Assim, esse estudo busca identificar possíveis modulações da ETCC sobre a atenção em seus subaspectos temporais e espaciais, uma vez que muitos estudos verificam a modulação dessa técnica em funções cognitivas mais complexas, havendo poucos estudos sobre as funções mais básicas.

## 2. QUADRO TEÓRICO

### 2.1. Atenção

A partir dos trabalhos de psicologia experimental de William James, em 1890, a atenção se destaca como um processo cognitivo importante para a adequada integração do organismo com o ambiente. Para James, atenção é usar a mente para tomar posse, de forma clara e viva, de objetos ou linhas de pensamentos simultâneos. Nessa definição já aparecem aspectos associados a seus efeitos dessa função cognitiva, como o processamento mais eficaz de estímulos selecionados, que torna sua percepção mais clara. Além disso, ele descreve que a atenção também pode ser voltada para aspectos do pensamento, e não apenas para objetos do mundo exterior.

Quotidianamente estamos expostos a uma grande quantidade de estímulos sensoriais, de diferentes naturezas, originados no ambiente. Para que estas informações possam ser adequadamente processadas pelo o sistema nervoso é necessário que haja uma seleção ou filtragem. Tal processo é comumente denominado de atenção seletiva (DESIMONE; DUNCAN, 1995; KNUDSEN, 2007). Portanto, a atenção pode ser definida como um conjunto de mecanismos neurais que dirige ou controla a seleção das informações que terão prioridade de processamento pelo sistema nervoso (PALMER, 1999, POSNER, 1980, CARREIRO, 2003).

A atenção é um processo cognitivo que desempenha um importante papel na seleção das principais informações advindas do ambiente, levando-as a serem processadas de modo eficiente pelo sistema nervoso central, sem que a quantidade dessas informações seja excessiva (STEINMAN; STEINMAN, 1998). Desse modo, a atenção é entendida como um conjunto de processos neurais que possibilitam ao sujeito recrutar recursos para processar melhor estímulos selecionados, em detrimento dos não selecionados, os quais ficam restritos a processamentos secundários (PALMER, 1999; POSNER, 1990; CARREIRO, 2003).

No campo da neurociência cognitiva, existem basicamente três objetivos principais para os estudos da atenção (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006). O primeiro é compreender de que modo ela possibilita e influencia a percepção e a codificação dos estímulos, assim como a criação de respostas comportamentais baseadas neles. O segundo é descrever quais algoritmos computacionais possibilitam

esses efeitos, e o terceiro, e último, se trata de desvendar como esses algoritmos são implementados nos sistemas neurais do encéfalo humano. Essa compreensão torna possível descrever de que forma uma lesão ou doenças nesses sistemas podem gerar distúrbios cognitivos que levem, por exemplo, a alterações na atenção (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006). No estudo apresentado nesse trabalho, tal divisão de objetivos poderá auxiliar, por exemplo, na criação de modelos para compreender a relação entre função cerebral e expressão de uma função cognitiva como a atenção, e mais especificamente neste caso, como a ETCC no CPDL influencia sua modulação.

Desse modo, o primeiro aspecto da atenção a ser estudado é o modo como são direcionados os recursos de processamento a partir das informações obtidas no ambiente. Para dar conta desta explicação, a literatura tem dedicado esforços para a compreensão dos modos de orientação da atenção, conforme descrito a seguir.

### **2.1.1. Modos de Orientação da Atenção**

Dentro do desenvolvimento histórico do estudo sobre os modos de orientação da atenção, muitos trabalhos têm utilizado o tempo de reação manual (TR) a um estímulo sensorial como uma medida quantificável da influência de vários parâmetros sobre os mecanismos envolvidos no direcionamento e processamento da informação visual (POSNER 1980; CARREIRO et al., 2003; BALDO et al., 2002; GAWRYSZEWSKI; CARREIRO, 1998; ARAUJO; CARREIRO, 2009). Tais estudos inicialmente privilegiaram a compreensão dos modos de direcionamento da atenção no espaço. Entretanto, estudos recentes (NOBRE, 2001; DOHERTY et al., 2005; NOBRE, 2007) trazem a discussão sobre a possibilidade de direcionamento da atenção para momentos particulares no tempo, criando assim um direcionamento temporal da atenção. As características espaciais e temporais da atenção serão detalhadas a seguir.



### 2.1.1.1. Orientação Espacial da Atenção

Os estudos iniciais sobre o direcionamento espacial da atenção contavam com uma dicotomia: orientação voluntária versus orientação automática da atenção. O direcionamento de atenção para uma determinada localização no espaço pode ocorrer como consequência de um direcionamento interno, como um fator comportamental (atenção endógena, voluntária ou *top-down*) podendo também ser direcionada a uma determinada característica ou objeto (atenção baseada em característica ou baseada em objetos) ou em virtude da apresentação inesperada de um estímulo, por exemplo, na periferia do campo visual (atenção exógena, involuntária ou *bottom-up*) (NOUDOOST et al., 2010).

Estas duas formas de orientação atencional têm sido descritas na literatura (POSNER; RAICHLE, 1997; KNUDSEN, 2007). A orientação voluntária se dá intencionalmente, por meio de um controle descendente (*top-down*). Ocorre, por exemplo, quando um indivíduo voluntariamente focaliza sua atenção em uma determinada área do campo visual. Nesse caso, o desvio atencional é chamado de endógeno ou intrínseco, estando muitas vezes associado a um processo de tomada de decisão.

Na orientação automática da atenção, existe a captura reflexa de recursos de processamento por estímulos, normalmente inesperados, ocorridos no ambiente. Nesse caso, um estímulo visual pode capturar a atenção de maneira involuntária ou ascendente (*bottom-up*), caracterizando um processo de recrutamento automática de recursos atencionais. Esse tipo de desvio da atenção é denominado exógeno, ou extrínseco.

Assim, é possível compreender que, na orientação automática da atenção, um estímulo que ocorra inesperadamente no campo visual, por si só, seria capaz de atrair a atenção do participante. Este processo ocorreria independentemente da vontade e, por isso, possuiria uma fonte exógena que implicaria num controle ascendente do processamento da informação. Na orientação voluntária, o participante, por sua própria vontade, dirige a atenção para o objeto do seu interesse. Por essa razão, possuiria uma fonte endógena que implicaria num controle descendente do processamento da informação (POSNER; RAICHLE, 1997). Desse modo, é possível compreender que a

orientação da atenção, a todo o momento, reflete uma competição entre objetivos internos e demandas externas (BERGER; HENIK; RAFAL, 2005).

Um protocolo muito comum utilizado em pesquisas acerca da orientação voluntária da atenção espacial refere-se à medida de tempos de reação. Primeiramente é mostrado um ponto de fixação, em direção ao qual o sujeito deverá manter seu olhar fixo durante todo o experimento; em seguida aparece uma pista (podendo ser uma seta), que vai indicar o local onde provavelmente aparecerá o alvo. Após o aparecimento do alvo o colaborador deve responder o mais rapidamente possível. Existem basicamente três variações de pistas: quando a pista indicar a posição correta do alvo ela é chamada de pista válida, quando ela indica erroneamente a posição do alvo, é chamada de pista inválida. Há também uma condição neutra, na qual a pista não indicará nada ou todas as possibilidades ao mesmo tempo, nesse caso ela é denominada pista neutra (POSNER, 1978, POSNER 1980, POSNER; RAICHLE, 1997, ARAUJO; CARREIRO, 2009).

De acordo com Posner (1978), a orientação prévia da atenção para uma determinada posição do espaço facilita a detecção de estímulos nessa posição e torna mais lenta a detecção de estímulos em outras posições. As diferenças observadas entre os tempos de reação nas condições *válida*, *neutra* e *inválida* não dependem de fatores retinianos ou motores, caso os alvos aconteçam na mesma excentricidade e a resposta requerida seja a mesma. De modo que, tais diferenças são causadas por mecanismos centrais envolvidos com a expectativa da ocorrência do estímulo numa certa posição do espaço ou no tempo.

Além de pistas centrais, a ocorrência de um estímulo na periferia do campo visual, quando esse estímulo não é informativo e ocorre inesperadamente, pode causar a diminuição dos TR para alvos subseqüentes que ocorram na mesma posição, caso o intervalo entre eles seja curto (até 150 ms). Com intervalos maiores (de 200 a 1500 ms), ocorre o efeito oposto, isto é, de lentificação dos TR. Posner e Cohen (1984) denominaram o primeiro efeito de facilitação precoce e o segundo de inibição de retorno (IR). Para eles, esta facilitação deve-se ao fato de que a ocorrência de um estímulo periférico, mesmo que não-informativo, atrai automaticamente a atenção para a posição onde ocorreu. A lentificação dos TR decorrente de IR é explicada por Posner e Cohen (1984) como uma dificuldade do sistema em retornar a posições do campo visual previamente estimuladas, possibilitando, deste modo, a busca de novas posições. Com

relação à significância funcional da IR, Klein (2000) sugere que ela funcionaria como um facilitador de comportamentos exploratórios.

### **2.1.1.2. Orientação Temporal da Atenção**

A orientação temporal da atenção pode ser compreendida como a habilidade para direcionar esta função cognitiva para momentos particulares no tempo. Assim, as expectativas sobre “quando” um evento vai ocorrer podem ser utilizadas para direcionar respostas comportamentais de modo análogo à expectativa de “onde” um evento vai ocorrer (COULL et al., 2000). Desse modo, o participante pode realizar uma alocação temporal de seus recursos atencionais, causando uma melhora no seu desempenho, assim como ocorre em relação ao conhecimento prévio sobre o local mais provável de aparecimento de um alvo.

Segundo Nobre (2001), é possível orientar a atenção seletivamente para diferentes intervalos de tempo, o que melhora o desempenho comportamental dos indivíduos testados. Desse modo, é possível cogitar que diferentes sistemas de controle atencional, como aquele que serve à orientação temporal ou espacial, possam compartilhar circuitos neurais. Doherty e colaboradores (2005) demonstraram efeitos sinérgicos quando a atenção é orientada no tempo e no espaço, indicando interações entre os dois sistemas.

Nobre (2007) demonstrou que a orientação atencional antecipa eventos relevantes para obtenção dos objetivos de uma tarefa. Isso acaba por influenciar aspectos da percepção dos eventos e, conseqüentemente, sua ação. Com base nisso, é possível compreender a importância do direcionamento atencional no tempo para organizar a interação e adaptação do indivíduo ao meio.

Quando nos baseamos na expectativa sobre quando um evento (ou um estímulo) irá ocorrer, podemos alocar recursos para responder mais eficazmente (COULL; NOBRE, 1998; NOBRE, 2001; CORREA et al., 2004). Este efeito tem sido estudado experimentalmente utilizando o paradigma de custo-benefício de Posner (1980). O protocolo dessas pesquisas inclui a apresentação de uma pista que

proporciona informação sobre o momento (“cedo” ou “tarde”) da aparição do alvo ou o estímulo ao qual o sujeito deve responder. Além disso, são manipuladas a duração do intervalo de tempo entre a pista e o alvo (*foreperiod*) ao qual ele deve responder e a validade da pista.

Em tais estudos de orientação temporal, a pista pode ser válida na indicação do momento exato em que o alvo vai aparecer (uma pista rápida indica um *foreperiod* curto, ao passo que uma pista mais demorada indica um *foreperiod* mais longo), ou ela pode ser inválida ao indicar um tempo que não corresponderá ao da aparição do alvo. Nesse caso, o efeito da orientação temporal pode ser observado quando um tempo de reação mais rápido é observado em condições válidas se comparado a inválidas (CORREA; NOBRE, 2008, COULL et al., 2000, 2004, CORREA et al., 2004).

O efeito da orientação temporal é tipicamente observado no *foreperiod*. Os indivíduos são capazes de reorientar sua atenção de intervalos curtos para longos, pois, uma vez que o alvo não aparece no intervalo de tempo mais curto ele necessariamente irá aparecer mais tarde. Por este motivo a atenção tende a estar direcionada de forma mais eficaz para respostas aos alvos nos *foreperiod* longos (CORREA et al., 2006).

### **2.1.2. Circuitos Cerebrais da Atenção**

A atenção é um importante domínio dentro dos processos psicológicos básicos, porém suas dimensões ainda não estão precisamente delineadas quando comparado a outras funções cognitivas, tais como a memória ou a linguagem. Por esse motivo, muitos estudos têm buscado determinar de uma maneira mais precisa as principais regiões associadas à atenção e como elas se relacionam com as demais estruturas cerebrais (CARREIRO, 2003). Para a avaliação da atenção diversos trabalhos têm utilizado o paradigma de Posner (1980) para analisar um conjunto de áreas cerebrais descritas como regiões chave no controle endógeno do domínio visuoespacial da atenção (NOBRE; SHAPIRO, 2006).

Muitas das descobertas das bases neurais correlacionadas a processos atencionais vêm do estudo de pacientes com lesões ou de estudos de lesões seletivas em

diferentes regiões do SN de animais, além disso, atualmente novas tecnologias têm contribuído de modo decisivo para essa compreensão, como por exemplo, a tomografia por emissão de pósitrons (PET), imagens por ressonância magnética funcional (fMRI), registros de potenciais evocados de alta resolução, dentre outras. A conjunção dessas técnicas com, por exemplo, testes psicofísicos, permitem a investigação de diferentes aspectos do processamento neural, como mapeamento funcional de regiões corticais ativas ou registro de potencial evocado durante a realização de tarefas comportamentais como a medida do TR (POSNER, 2000).

Com base em estudos de pacientes com lesões e sua correlação com resultados de tarefas comportamentais, Posner e colaboradores (POSNER; REICHLE, 1997) sugeriram a participação de 3 estruturas nos processos atencionais: o lobo parietal posterior, o colículo superior e o pulvinar do tálamo. O lobo parietal posterior seria responsável por desengajar a atenção, atuando para liberar a atenção do seu foco corrente e por último, o colículo superior seria responsável por mover o foco da atenção para a área indicada pela pista. O tálamo, especialmente o pulvinar, selecionaria o conteúdo da região indicada priorizando o processamento em áreas responsáveis por detectar o alvo e gerar respostas (NAHAS; XAVIER, 2004).

Os objetos no campo visual são processados por uma extensa rede de áreas corticais. Estas áreas são organizadas em duas vias principais de processamento córtico-corticais começando no córtex visual primário (DESIMONE; DUNCAN, 1995). A via ventral é direcionada para o córtex temporal inferior e é importante para o reconhecimento de objetos, enquanto a via dorsal é direcionada para o córtex parietal posterior e está relacionada com a percepção espacial e com o desempenho visuomotor (GOODALE; MILNER 1992).

Na literatura são descritos dois sistemas com funções atencionais próprias (CORBETTA; SHULMAN, 2002, ASPLUND et al., 2010), um que inclui parte do córtex intraparietal e córtex frontal superior, que estaria envolvido na preparação e aplicação de uma seleção descendente (*top-down*) para estímulos e respostas. O outro sistema, que envolveria o córtex temporo-parietal e córtex frontal inferior, mais restrito ao hemisfério direito e seria especializado para seleção de estímulos relevantes, direcionando a atenção para eventos que se destacam no ambiente.

Coull e Nobre (1998) investigaram a existência de um sistema geral para alocação dos recursos atencionais direcionados espacialmente ou temporalmente. Elas

verificaram que tarefas de orientação temporal e espacial ativavam muitas regiões cerebrais em comum. Áreas frontais do circuito incluíam, bilateralmente, o córtex premotor lateral, que se estendia medialmente e dorsalmente em direção à área motora suplementar. Ativação parietal posterior também foi obtida bilateralmente. A orientação espacial da atenção foi associada a uma ativação mais significativa do córtex parietal posterior direito. Por outro lado, regiões do sulco intraparietal esquerdo e cerebelo esquerdo foram ativadas mais para orientação temporal que espacial.

Prado, Carp e Weissman (2011) investigaram as causas da variação nos tempos de reação (TR) em um experimento de atenção seletiva. Para tanto, eles utilizaram a técnica de imagem por ressonância magnética funcional (IRMf) como forma de observar quais estruturas foram mais ativadas durante a tarefa. O experimento consistia na identificação visual de duas letras (X ou O). Os participantes deveriam responder com o dedo indicador esquerdo, no caso da letra “X”, e com o dedo indicador direito, no caso da letra “O”. Esta condição de resposta foi invertida para a outra metade do grupo de colaboradores, ou seja, esses deveriam responder com o dedo indicador esquerdo no caso da letra “O” e com o dedo indicador direito para a letra “X”. Paralelamente à apresentação visual das letras, estímulos auditivos de letras distratoras foram emitidos por meio de um fone de ouvido. Os colaboradores deveriam ignorar as letras auditivas incongruentes e responder somente às letras apresentadas visualmente. As chances de as letras (apresentadas por meio visual e auditivo) serem congruentes ou incongruentes foram de 50% para cada uma delas.

A análise dos dados de Prado, Carp e Weissman (2011) revelou um aumento dos TR nas condições incongruentes, fato que, segundo os autores, estava relacionado a uma atividade reduzida das regiões sensoriais que processam aspectos perceptivos de estímulos visuais relevantes. Verificou-se que o aumento nos TR estão relacionados a reduções da conectividade funcional do córtex cingulado anterior (CCA) e a do CPFDL direito. Essas duas regiões contribuem de modo crucial para o controle da atenção (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011).

O nível de conectividade funcional do CCA com o CPFDL foi maior nas condições incongruentes do que nas congruentes. Por este motivo, o CCA pareceu ser uma boa escolha para investigar se aumentos no tempo de resposta estavam ligados a reduções da conectividade funcional entre o CPFDL direito e o CPP bilateral, que são responsáveis pelo processamento atencional.

Além disso, Wang e colaboradores (2009) indicam que o CPFDL e o CCA não são apenas mais ativados, mas também funcionalmente mais conectados quando processos atencionais são recrutados. Tais achados são consistentes com a visão de que o CPFDL e o CCA são regiões cerebrais com contribuições fundamentais para a atenção. Portanto, os aumentos nos tempos de reação causados por reduções da atenção podem estar relacionados a reduções da conectividade funcional dessas duas regiões.

As reduções nos TR estão ligadas a diminuição de conectividade funcional entre regiões sensoriais anatomicamente recentes e tardias, que processam os estímulos relevantes (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011). Dessa forma, podemos compreender que as regiões do CPFDL e do CCA são responsáveis pela maior ativação das áreas que cuidam pelo processamento sensorial exigido pela tarefa, e, assim, elas modulam e preparam essas estruturas para responderem de maneira mais eficiente.

No estudo de Prado, Carp e Weissman (2011), foi identificada uma maior conectividade funcional entre o CCA e o CPFDL esquerdo na condição incongruente, mais do que na congruente. E isso é consistente com a visão de que o CCA trabalha com o CPFDL para aumentar o controle quando estímulos irrelevantes ameaçam comprometer o desempenho.

Os aumentos dos TR foram associados especificamente a reduções na conectividade funcional entre o CCA e o CPFDL direito e regiões bilaterais do córtex parietal posterior. A magnitude destas reduções não se alterou conforme o tipo de estímulo, isto é, congruente ou incongruente (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011). Portanto, aumentos do TR estavam ligados a aumentos na atividade nas mesmas regiões, CPFDL direito e CPP bilateral, que exibiram conectividade funcional reduzida com o CCA. Isso é consistente com o aumento das demandas de processamento nestas áreas quando suas interações com o CCA estavam reduzidas.

A comunicação entre o CCA, o CPFDL direito e o CPP bilateral pode influenciar nos TR, pois facilita a seleção de respostas. Essa conclusão é consistente com modelos que indicam que o CPFDL direito está envolvido na manutenção de associações estímulo-resposta e na memória de trabalho, enquanto o CPP desempenha um papel no planejamento de respostas e o CCA participa da seleção de respostas relevantes. Uma segunda possibilidade para que isso ocorra é que a comunicação entre o CPP e o CCA propicia um aumento da atenção visuoespacial, melhorando sua eficácia

no direcionamento da atenção para estímulos relevantes enquanto o CPFDL direito desempenha um papel de sustentação atencional (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011).

Portanto, uma melhora no desempenho em experimentos de TR pode ser explicada pelo aumento da conectividade funcional entre o CCA, o CPFDL direito e o CPP bilateral. Estes resultados sustentam a visão de que a integração da comunicação entre estas regiões cerebrais fazem contribuições importantes para os processos cognitivos, indicando que elas não são meramente a soma de processos que ocorrem individualmente dentro destas regiões cerebrais.

No estudo de Siltan e colaboradores (2010), os pesquisadores utilizaram as técnicas de EEG e IRMf (uma sessão diferente para cada técnica) simultaneamente à realização do teste Stroop. Tais autores tiveram como objetivo investigar a questão da relação temporal entre a atividade do CPFDL esquerdo e córtex cingulado anterior dorsal (CCAd), os quais se relacionam (rede frontocingulada) ao controle *top-down* dos processos atencionais.

Os resultados de tal estudo (SILTON et al., 2010) indicaram que a atividade do CPFDL esquerdo influenciou o desempenho no teste Stroop, por meio de sua ligação com a atividade do CCAd com um processamento posterior. A relação entre a ativação do CCAd e o desempenho na tarefa Stroop foi dependente do nível de atividade de processamento anterior do CPFDL esquerdo. Somente após o processamento da informação atencional ter passado pelo CPFDL esquerdo, a atividade CCAd pode distinguir o alvo entre incongruente e congruente, demonstrando que os processos de seleção de estágio avançado são especificamente associados com a função do CCAd.

Tais autores também observaram que quando os níveis de ativação do CPFDL esquerdo foram altos, houve pouco impacto da atividade do CCAd sobre o desempenho no Stroop, sugerindo que, quando o CPFDL esquerdo fornece um processamento eficaz no controle atencional, o CCAd desempenha um papel menos importante para o desempenho na tarefa. No entanto, quando o CPFDL esquerdo teve uma ativação relativamente baixa, a atividade do CCAd afetou o desempenho na tarefa de forma consistente, o que conduz à idéia de que o CCAd tem o papel de dar conta do processamento atencional, caso o desempenho do CPFDL esquerdo tenha sido insuficiente (SILTON et al., 2010).



Em outro estudo, Triviño e colaboradores (2010) avaliaram sujeitos com lesão no córtex pré-frontal e nos núcleos da base em comparação com controles saudáveis para explorar as bases neurais da orientação temporal bem como as correlações com o efeito de preparação e sequencia de alvos. Eles procuraram estudar como alterações nessas estruturas (córtex pré-frontal e nos núcleos da base) poderiam influenciar o desempenho dos sujeitos. Foi observado, nesse estudo (Triviño et al., 2010), que o CPFDL direito é necessário para a orientação temporal da atenção, ao passo que lesões nos núcleos da base não afetam a orientação temporal. Essa descoberta fundamenta a afirmação de que este é um processo voluntário que requer estruturas mais evoluídas do ponto de vista filogenético e ontogenético, tal como o CPFDL, que está diretamente envolvido na regulação da atenção voluntária.

Alguns estudos de RMFi tem relatado um envolvimento das estruturas pré-frontais esquerda e uma ativação sistemática do sulco intraparietal esquerdo (COULL; NOBRE, 1998). Esses estudos sugerem que a rede frontoparietal esquerda pode ser especializada na orientação temporal da mesma forma que o hemisfério direito é especializado na orientação espacial.

## **2.2. Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC)**

A técnica da ETCC se baseia na aplicação de corrente elétrica de baixa intensidade (até 2 mA) por meio de eletrodos posicionados no escalpe. Seus efeitos são dependentes da polaridade aplicada, da intensidade da corrente elétrica e do tempo de aplicação. A estimulação com o ânodo no escalpe sobre uma região cortical específica resulta em um aumento do disparo neuronal espontâneo, melhorando a transmissão do impulso nervoso, enquanto que a aplicação com o cátodo resulta na diminuição do disparo, dificultando a transmissão. O tempo de aplicação e a intensidade de corrente aplicada interferem nos efeitos de duração da estimulação (NITSCHKE et al., 2008, PRIORI, 2009, BOGGIO, 2006).

A Estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) vem ganhando destaque em função de seu baixo custo, simplicidade na aplicação e por sua segurança. A técnica da ETCC tem sido utilizada em estudos sobre linguagem (FLOEL et al., 2008, LIUZZI et al., 2010) , memória operacional (FREGNI et al., 2005, BOGGIO, 2006),

tomada de decisão (BOGGIO et al., 2010a, BOGGIO et al., 2010b, FECTEAU et al., 2007), dentre várias outras possibilidades de intervenção já descritas pela literatura.

O mecanismo de ação da ETCC é baseado nas mudanças da função da membrana neuronal (ARDOLINO et al., 2005, NITSCHKE et al., 2008). Parte da compreensão dos mecanismos de ação da ETCC vem de estudos que 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 (TERZUOLO; BULLOCK, 1956; NITSCHKE et al., 2008; BEELI, 2008).

A ETCC não induz potenciais de ação neuronais, pois os campos estáticos envolvidos nesta variação não permitem que ocorra uma rápida despolarização, o que seria necessário para produzir potenciais de ação nas membranas neurais. Por esse motivo a técnica de ETCC é considerada uma intervenção neuromodulatória (NITSCHKE et al., 2008).

A ETCC é capaz de modular a excitabilidade cortical; os efeitos são reversíveis e podem ser farmacologicamente modulados. Em 2006, Antal e colaboradores pesquisaram a indução da excitabilidade e a alteração da atividade no cérebro via alterações no potencial de membrana e resultados em mudanças na eficácia sináptica através da aplicação da ETCC.

Os efeitos duradouros por ETCC catódica incluem mecanismos não sinápticos baseados em mudanças das funções da membrana neuronal. Estes resultados mostram que a excitabilidade cortical durante a ETCC depende da polarização da membrana, assim como da modulação da condução dos canais de sódio e cálcio (NITSCHKE et al., 2008).

### **2.2.1. Modulação Cognitiva da ETCC**

Disfunções cognitivas provenientes de lesão encefálica são uma das principais fontes geradoras de disfunções adaptativas. Isso faz com que esse tema seja de interesse para futuros planejamentos de saúde pública (MINIUSSI et al., 2008). Alguns estudos

têm verificado a eficácia na melhora do desempenho da memória de trabalho (BOGGIO, 2006, FREGNI et al., 2005), linguagem (FLOEL et al., 2008, LIUZZI et al., 2010), tomada de decisão (BOGGIO et al., 2010a, BOGGIO et al., 2010b, FECTEAU et al., 2007), e, mais recentemente, tem se mostrando uma técnica promissora para alterações da atenção (STONE et al., 2009, KANG et al., 2009).

Nesse capítulo serão destacados alguns estudos que utilizaram a técnica de ETCC em funções cognitivas importantes, tais como tomada de decisão, memória operacional, linguagem e atenção. A revisão desses trabalhos é importante para se conhecer como a técnica ETCC tem sido utilizada no estudo dos processos cognitivos. Esses estudos têm mostrado resultados promissores para que, futuramente, se possa pensar no desenvolvimento de protocolos diretamente focados em reabilitação cognitiva.

Boggio e colaboradores (2010) realizaram um estudo sobre jogo de risco e sua relação com a tomada de decisão, nesse teste o participante poderia apostar em dois grupos: um de maior risco, ou seja, com menor ocorrência de acertos, mas com um ganho maior por acerto; e um grupo de menor risco, porém com um ganho inferior em caso de acerto. Participaram desse estudo 28 sujeitos com idade entre 50 e 85 anos. O experimento utilizou a ETCC no CPFDL bilateral, sendo que, ora o eletrodo catódico foi posicionado no hemisfério esquerdo e o anódico no hemisfério direito, ora o contrário. Além disso, foi realizada estimulação placebo. Os resultados indicam que, no caso da aplicação da estimulação anódica esquerda juntamente com catódica direita, os participantes escolheram a aposta de maior risco, se comparados àqueles que receberam a estimulação placebo ou catódica esquerda juntamente com anódica direita. No entanto, esses resultados são contrários às descobertas anteriores em estudos realizados com colaboradores jovens, pois o mesmo tipo de estimulação gerou um efeito oposto, promovendo tomadas de decisão mais conservadora pela regulação da capacidade do CPFDL direito de suprimir opções de maior risco (FECTEAU et al., 2007).

Desenvolvendo estudos sobre linguagem, Flöel e colaboradores (2008) avaliaram como a ETCC pode influenciar na capacidade de aprendizagem verbal associativa em sujeitos saudáveis e em sujeitos com afasia. Foi aplicada a ETCC durante 20 minutos (1mA) sobre a região perisylviana posterior (RPP). Cada sujeito participou de 3 sessões (uma anódica, uma catódica e uma placebo). Verificou-se que, com a estimulação anódica, os sujeitos apresentaram um melhor desempenho na

aprendizagem associativa, em comparação aos grupos placebo e catódico, tanto no grupo saudável quanto no afásico.

Em outro estudo, também sobre linguagem, de Liuzzi e colaboradores (2010), foi realizada a aplicação da ETCC sobre o cortex motor esquerdo. A ETCC catódica reduziu as taxas de sucesso na aquisição de vocabulário. Não foram encontrados efeitos em experimentos de controle quando ETCC foi aplicado ao córtex pré-frontal, ou quando os indivíduos aprenderam palavras relacionadas ao objeto. Esse trabalho oferece uma evidência direta para a proposição de que o córtex motor esquerdo está envolvido na aquisição de novas palavras.

De Vries e colaboradores (2010), desenvolveu um estudo sobre a relação causal entre a área de Broca e a aprendizagem de uma gramática artificial. Para isso foi realizada a ETCC anódica e placebo sobre essa região cerebral durante 20 minutos (1 mA). Na tarefa de classificação o desempenho dos colaboradores melhorou significativamente após receberem ETCC anódica. Segundo os autores, este é o primeiro estudo que demonstrou que a ETCC pode facilitar a aquisição de conhecimentos gramaticais, sugerindo que esta descoberta pode futuramente ser interessante para a reabilitação de afasia.

Fertonani e colaboradores (2010) investigaram os efeitos da ETCC em uma tarefa de linguagem em indivíduos jovens saudáveis. Para isso foi aplicada a ETCC anódica, catódica e placebo sobre o CPFDL esquerdo. Os resultados mostram que a ETCC anódica do CPFDL esquerdo melhora o desempenho de nomeação e acelera os tempos de reação verbal, enquanto a ETCC catódica não surtiu efeito. Sugere-se que a rede cerebral dedicada ao processamento lexical é facilitada pela ETCC anódica no CPFDL esquerdo.

Sparing e colaboradores (2010) testou a hipótese de que a ETCC pode ser usada para modificar o processamento da linguagem. Para isso a técnica foi aplicada sobre a região perisylviana posterior (RPP). Foram realizadas quatro sessões: ETCC anódica sobre o RPP esquerdo, ETCC catódica de RPP esquerda, ETCC anódica da região homóloga do hemisfério direito e ETCC placebo. Observou-se que os colaboradores responderam de forma significativamente mais rápida após ETCC anódica no RPP esquerdo. Esta descoberta sugere que a ETCC aplicada aos RPP esquerdo (incluindo a área de Wernicke [BA 22]) pode ser utilizada para melhorar o processamento da linguagem em indivíduos saudáveis.

Ferrucci e colaboradores (2008), com o objetivo de avaliar os efeitos cognitivos da ETCC sobre a memória de trabalho em pacientes com doença de Alzheimer, realizaram 3 sessões (uma anódica, uma catódica e uma placebo) estimulando a região temporoparietal. Foi encontrado que, após a sessão de ETCC anódica, houve um aumento na precisão da tarefa de memória de reconhecimento de palavras, e, no caso da estimulação catódica, houve uma diminuição nessa precisão. A estimulação placebo, como esperado, não alterou o desempenho destes sujeitos.

Fregni e colaboradores (2005) realizaram um estudo com a hipótese de que a ETCC anódica sobre o CPFDL esquerdo melhora o desempenho de sujeitos saudáveis sobre a memória de trabalho. Para isso foi realizada a ETCC anódica sobre o CPFDL esquerdo, enquanto o cátodo foi posicionado sobre a área supraorbital direita. Verificou-se que a ETCC anódica sobre o CPFDL esquerdo aumentou a precisão no desempenho da memória de trabalho. Além disso, esse efeito depende da polaridade do estímulo, já que a ETCC catódica, sobre a mesma região, não surtiu diferença.

Boggio (2006) investigou, em um de seus experimentos, como a ETCC pode influenciar na memória operacional. Para isso foi realizada a ETCC anódica ou placebo sobre o CPFDL esquerdo, um grupo controle foi utilizado com a ETCC catódica posicionada sobre o CPFDL esquerdo, além de outro grupo controle com ETCC anódica sobre o córtex motor primário (M1). Este estudo mostrou que somente a ETCC anódica sobre o CPFDL esquerdo melhorou o desempenho na tarefa de memória operacional. Esse resultado também foi encontrado em seu segundo experimento, do qual participaram pacientes com doença de Parkinson.

Beeli (2008), em seu estudo buscou verificar o fenômeno do ambiente virtual na percepção de indivíduos. Foi utilizado um vídeo de um passeio na montanha russa, o qual provocava nos participantes a sensação de estar naquele ambiente e os levava a agir como se ele fosse real. Esse experimento indicou que a região criticamente envolvida na modulação desse sentimento é o CPFDL, que também está associada ao controle de comportamentos impulsivos. Utilizando a estimulação anódica posicionada no CPFDL direito, o estudo de Beeli (2008) verificou que ocorreram mudanças nas reações vegetativas, enquanto se observa uma cena virtual, bem como no número de alarmes falsos em um padrão Go/No-Go. A tarefa Go/No-Go exige que o participante execute uma determinada ação, como pressionar uma tecla, quando o estímulo correto ocorrer, ou não pressionar a tecla, caso o estímulo seja incorreto. Este estudo também aponta

que, quando utilizada a estimulação catódica nessa mesma região, houve um aumento da impulsividade, já no caso da estimulação anódica não foi observada alteração sobre os resultados de condutância de pele nem para a impulsividade.

Após observar que a diminuição atencional de pacientes pós-AVC pode ser muito comum, Kang (2009) se utilizou da técnica da ETCC para modular a excitabilidade cortical destes pacientes e, assim, provocar mudanças comportamentais. Para isso os autores testaram a hipótese de que com apenas uma sessão de ETCC anódica aplicada no CPFDL esquerdo é possível melhorar a atenção destes pacientes. Participaram dez pacientes pós-AVC e dez controles pareados por idade, submetidos a aplicações reais de 2mA por 20 minutos ou placebo de 2mA por 1 minuto. Para medir a atenção foi utilizado o teste Go/No-Go, antes e após a aplicação da estimulação. Em pacientes saudáveis não foram encontradas diferenças significativas após a aplicação da ETCC (tanto anódica quanto catódica), tampouco com o placebo. Já nos pacientes pós-AVC, após uma hora da estimulação anódica, verificou-se uma melhora significativa que se manteve por até 3 horas após a estimulação. Não houve benefícios para este grupo após a estimulação placebo. Nesse estudo, a ETCC anódica no CPFDL esquerdo se mostrou promissora para melhorar a atenção, o que indica que esta técnica potencialmente pode ser utilizada para o treinamento e para a reabilitação atencional.

Stone (2009) realizou uma pesquisa a respeito da atenção local e global utilizando como área de interesse o córtex parietal posterior (CPP) esquerdo. Como instrumento para avaliar a atenção, os autores utilizaram um teste que consiste de quatro composições de letras (H e S) e duas pistas alvo. A letra “G” indicava o direcionamento da atenção para a condição global, ao passo que a letra “L” indicava a condição local. Na condição global, era apresentada uma letra “H” grande formada por pequenas letras “H”; ou pequenas letras “S”, que formavam uma letra S maior. Na condição local ocorreu o inverso, ou seja, pequenas letras “S” eram utilizadas para formar uma letra “H” maior e pequenas letras “H” apareciam para formar uma letra “S” maior (Figura 1).



**Figura 1:** Possibilidades de composição de letras utilizadas no experimento de Stone (2009).

Os resultados indicaram que a estimulação anódica promoveu uma dificuldade maior quando se exigiu uma mudança da condição local para a global, e isso ocorreu até 20 minutos após a estimulação, ao passo que a estimulação catódica gerou uma dificuldade na realização do teste como um todo. Uma das considerações apontadas pelos autores para estes resultados é de que o CPP esquerdo tem uma função chave no processamento de recursos *bottom-up* e *top-down*. Também foi sugerido pelos autores que o processamento de características globais seja priorizado pelo hemisfério direito, enquanto que as características locais sejam processadas pelo hemisfério esquerdo.

A partir dos estudos apontados anteriormente se faz possível compreender como as estruturas do circuito atencional estão envolvidas no processo do direcionamento voluntário da atenção. O CPFDL tem um papel primário no direcionamento atencional *top-down*, por meio da interação com o CCA e o CPP que modulam o córtex visual, no caso do direcionamento espacial da atenção, aumentando a atividade nestas estruturas. Desta forma, com as estruturas de recepção do estímulo pré-ativadas se torna possível a transmissão destas informações de uma maneira mais eficiente para as estruturas responsáveis pelo tratamento destas informações. Isso torna, ainda, a resposta ao estímulo-alvo mais eficaz, o que, no caso desse experimento, poderia ser descrito como um melhor direcionamento da atenção aos alvos congruentes, ou de maior frequência (no caso da atenção temporal).

Com a aplicação da ETCC anódica sobre o CPFDL bilateral se espera que a ativação deste circuito frontoparietal se estabeleça de forma mais eficaz, de modo que o

colaborador possa direcionar sua atenção de maneira mais eficiente aos alvos congruentes ou aos intervalos de tempos mais recorrentes, diminuindo, conseqüentemente seus tempos de reação.

Porém uma questão deve ser levantada a partir do que foi exposto. A técnica da ETCC vem sendo utilizada em muitos estudos para avaliar as funções cognitivas, porém estudos sobre funções cognitivas básicas, como a da atenção são escassos. Isso pode implicar que muitos dos resultados obtidos nestes estudos anteriores que utilizaram a ETCC anódica sobre o CPFDL podem ter encontrado efeitos significativos referentes a uma melhora no desempenho em funções como memória ou tomadas de decisão quando na verdade o que pode ter ocorrido foi que através a ETCC anódica promoveu um melhor direcionamento atencional para a realização destas tarefas, o que promoveu uma melhora no desempenho.

Portanto mais estudos sobre o efeito da ETCC sobre a atenção devem ser feitos para que assim se possa compreender mais precisamente qual o seu efeito sobre os circuitos cerebrais e como a ETCC realmente alterou a conectividade entre as estruturas cerebrais responsáveis pelo processamento das funções cognitivas.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Com base no que foi exposto, esse trabalho tem como objetivo geral verificar como a atenção pode ser modulada a partir da aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) bilateral sobre o córtex pré-frontal dorsolateral, utilizando medidas de tempo de reação em tarefas de orientação temporal e espacial.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- 1- Verificar a modulação causada pela ETCC catódica e anódica bilateral aplicadas no córtex pré-frontal dorsolateral sobre os tempos de reação nas condições válida e inválida da orientação voluntária espacial da atenção.
- 2- Verificar a modulação causada pela ETCC catódica e anódica bilateral aplicadas no córtex pré-frontal dorsolateral sobre os tempos de reação nas condições de alta e baixa previsibilidade temporal nas tarefas de orientação voluntária temporal da atenção.
- 3- Comparar esses efeitos com aplicações de estimulação placebo durante a realização desses mesmos experimentos

## 4. MÉTODO

### 4.1. Sujeitos

Sendo este um estudo exploratório acerca dos efeitos do uso de técnicas de modulação da atividade neural (ETCC) sobre a orientação da atenção, fizeram-se necessárias aplicações prévias, sem o uso de nenhum aparato para estimulação, para identificação dos efeitos dos procedimentos e planejamento do desenho experimental. Desse modo, cada um dos dois experimentos dessa dissertação possui aplicações prévias, isto é, estudos piloto (com 8 sujeitos cada), para essa verificação. Após isso, cada experimento foi testado em um de dois desenhos experimentais. O primeiro foi composto por 12 sujeitos que realizaram 3 sessões, sendo uma para cada condição de estimulação (anódica, placebo e catódica) e o segundo foi composto por 18 sujeitos (sendo 12 os mesmos do primeiro desenho, na qual foi utilizada de cada um apenas sua primeira sessão adicionados mais 6 colaboradores) que realizaram apenas uma sessão experimental, sendo 6 sujeitos para a condição anódica, 6 para a condição placebo e 6 para a condição catódica. A organização dos desenhos experimentais e a caracterização dos sujeitos podem ser vistas na Tabela 01.

**Tabela 01:** Organização dos desenhos experimentais e caracterização dos sujeitos por estudo

<i>Estudo</i>	<i>Desenho</i>	<i>Nº de sessões</i>	<i>Experimentos por sessão</i>	<i>Estimulação</i>	<i>Nº de Sujeitos</i>	<i>Idade</i>
<b>Piloto</b>	Único	3	Exp. I: Espacial Exp. II: Temporal (ordem aleatória)	Sem estimulação	TOTAL: 8 2 Homems 6 Mulheres	Média: 23 Máximo: 19 Mínimo: 25
<b>Experimental</b>	1	3	Exp. I: Espacial Exp. II: Temporal (ordem aleatória)	Cada sujeito realizou um tipo de estimulação por sessão (anódica, placebo e catódica), sendo submetido aos 3 tipos ao fim das 3 sessões. A ordem das sessões foi aleatorizada.	TOTAL: 12 2 Homems 10 Mulheres	Média: 21 Máximo: 25 Mínimo: 19
	2	1	Exp. I: Espacial Exp. II: Temporal (ordem aleatória)	Cada sujeito realizou apenas uma sessão com apenas um tipo de estimulação (anódica, placebo e catódica), sendo formados 3 grupos (com 6 sujeitos cada) em função do tipo de estimulação.	TOTAL: 18 2 Homems 16 Mulheres	Média: 21 Máximo: 25 Mínimo: 19

Todos os sujeitos possuíam acuidade visual normal ou corrigida, além de não apresentarem histórico de doenças neurológicas e/ou transtornos psiquiátricos. Todos eram alunos de graduação, de diferentes turmas. Não participaram do estudo sujeitos com histórico de epilepsia, implante de marca-passo, dependência química ou quadros psicóticos. Esses critérios de exclusão seguem as orientações de um artigo de revisão sobre o estado da arte da ETCC (NITSCHKE et al., 2008).

Todos os sujeitos foram informados sobre o tipo de experimento e os procedimentos utilizados, incluindo os possíveis efeitos colaterais causados pela ETCC. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e os procedimentos metodológicos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Presbiteriana Mackenzie (CEP/UMP nº 144/05/2010 e CAAE nº 0053.0.272.000-10).

#### **4.2. Aparato Experimental**

A coleta dos dados dos experimentos atencionais ocorreu em uma sala com luz ambiente diminuída e indireta. Em cada uma das sessões de coleta o participante foi posicionado em frente a um monitor de 14 polegadas a uma distância média de 50 cm. As rotinas computacionais foram elaboradas em um programa específico para experimentação psicofísica, chamado “*Micro Experimental Laboratory*” (MEL Professional v2.01- Psychology Software Tools, Inc.).

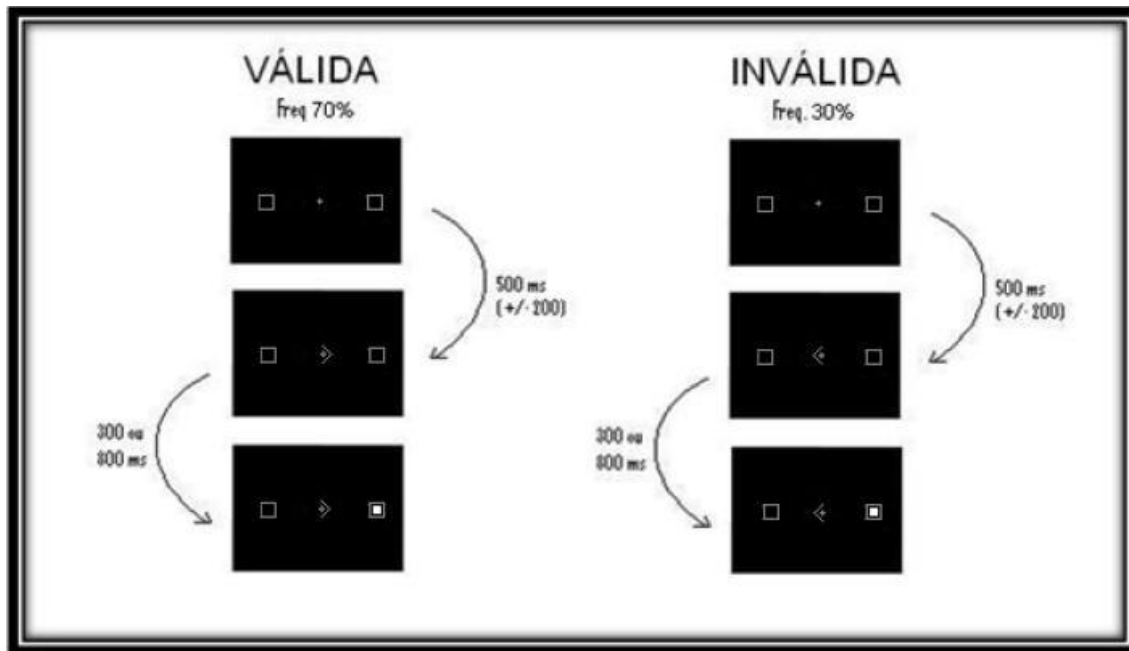
Para a ETCC foi utilizado um aparelho constituído por quatro componentes principais: um amperímetro, que mede a intensidade da corrente elétrica direcionada aos eletrodos; dois eletrodos, sendo um cátodo e um ânodo; um potenciômetro, que controla a intensidade da corrente para os eletrodos; e um jogo de baterias, que geraram a corrente a ser aplicada aos eletrodos. Os eletrodos são constituídos por uma borracha condutora de eletricidade, com dimensões de 5 x 7 cm (35 cm<sup>2</sup>). Para a aplicação, estes eletrodos foram envolvidos por esponjas embebidas em soro fisiológico de modo a reduzir a irritabilidade da pele (BOGGIO, 2006).

#### 4.2.1. Experimento I: Orientação voluntária da Atenção Espacial

Cada sessão iniciava-se com a apresentação de um ponto de fixação (PF) ao qual o participante era instruído a manter o olhar fixo durante todo o teste (Figura 1A). Junto com o PF eram apresentados também dois quadrados vazados com  $0,7^\circ$  de lado localizados  $7,4^\circ$  à direita e à esquerda. Após um intervalo de 500 ms (podendo variar 200ms para mais ou para menos), uma seta indicando à esquerda ou à direita era apresentada junto ao PF. Após um intervalo de 300 ou 800 ms, o alvo (um quadrado preenchido de  $0,4^\circ$  de lado) era apresentado durante 17 ms.

Os participantes eram instruídos a prestar atenção no lado indicado pela seta e a responder o mais rapidamente possível ao aparecimento do alvo, sem antecipar, pressionando uma tecla do *joystick* com o dedo indicador da mão dominante. Desse modo, foram registrados em milissegundos (ms) o tempo necessário para se efetuar a resposta, assim como a quantidade de antecipações e respostas lentas. Foram utilizadas duas condições que correlacionam pista e alvo (Figura 1A). Na *condição válida*, o alvo aparecia no local indicado pela pista; na *situação inválida*, o alvo aparecia no local oposto ao indicado pela pista. A pista era válida em 70% das apresentações e inválida em 30%.

Este experimento foi composto por 120 tentativas, sendo que após a tentativa de número 65 foi feita uma pausa para descanso do colaborador. A aplicação deste experimento durou, em média, 9 minutos.



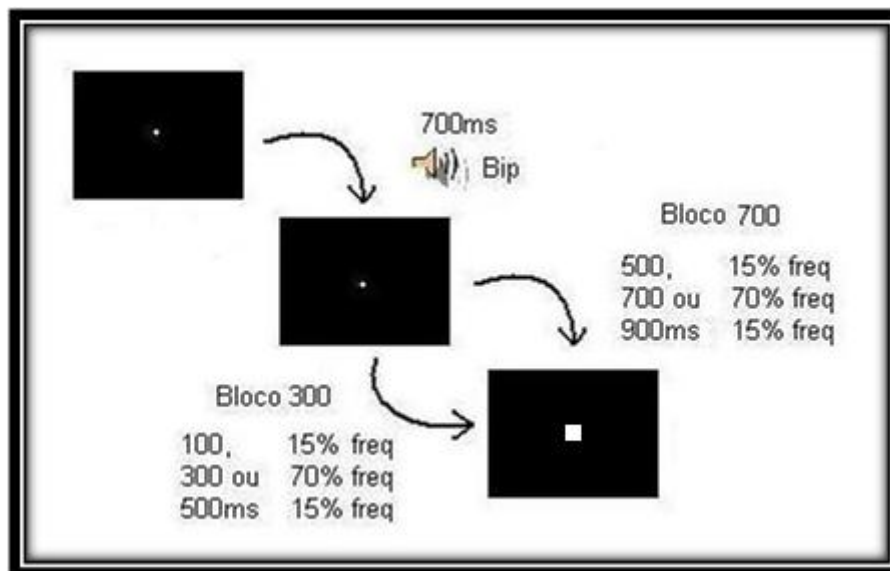
**Figura 2.** Sequência temporal para apresentação dos estímulos no Experimento I. A seta indica o local com maior probabilidade de ocorrência do alvo (Condição válida) e uma menor probabilidade de seu aparecimento no local oposto (Condição inválida).

#### 4.2.2. Experimento II: Orientação Voluntária da Atenção Temporal

Inicialmente era apresentado um ponto de fixação no centro do monitor no qual o colaborador fixou seu olhar durante todo o experimento. Após um intervalo de 700ms era emitido um bip, indicando que o alvo viria em seguida (um quadrado preenchido de  $0,4^\circ$  de lado durante 17 ms), variando dentro dos intervalos de tempo. O experimento consistiu na aplicação de dois blocos (um de 300 ms e outro de 700 ms), sendo que em cada um deles havia um intervalo de tempo mais frequente (Figura 2).

Dentro do bloco de 300 ms o alvo era apresentado com uma frequência de 15% a 100ms, 70% a 300 ms e 15 % a 500 ms. Já no bloco de 700 ms, a ocorrência do alvo a 500 ms teve uma frequência de 15%, no intervalo de 700 ms com uma frequência de 70% e a 900 ms com uma frequência de 15%. Os colaboradores foram instruídos a olhar para o ponto de fixação, orientar sua atenção para o intervalo temporal mais recorrente e responder ao alvo pressionando o botão do *joystick* com o dedo indicador. Com isso, eram registrados os tempos de reação em ms, as antecipações e respostas lentas.

Este experimento foi composto por 96 tentativas, sendo que na tentativa de número 48 havia uma pausa para descanso do colaborador. A aplicação durou, em média, 7 minutos.



**Figura 3.** Seqüência temporal para apresentação dos estímulos no Experimento II. O bip indica o intervalo temporal mais recorrente, ao qual o sujeito deverá orientar sua atenção e responder ao alvo pressionando o botão do *joystick* com o dedo indicador.

### 4.3. Procedimentos

Inicialmente os colaboradores foram informados sobre todos os aspectos da pesquisa, em seguida receberam o termo de consentimento livre e esclarecido, o qual foi lido e assinado. Posteriormente os colaboradores responderam a um questionário de avaliação geral, contendo perguntas relativas aos critérios de inclusão e exclusão, para identificação de uso de medicamentos, problemas neurológicos, uso de lentes corretivas. Em seguida foi respondido um questionário (*Adult Self-report Scale*) para verificação da presença de sinais de desatenção e hiperatividade (MATTOS et al., 2006), e realizado um teste atencional de cancelamento (teste de atenção concentrada-AC). Esses procedimentos tiveram por objetivo identificar possíveis comprometimentos que pudessem inviabilizar a participação dos sujeitos no experimento.

Terminada essa primeira parte, os colaboradores foram posicionados em frente a um computador, instruídos sobre a forma como deveriam responder aos experimentos e realizaram um treino breve, de modo que o experimentador se assegurasse de que os colaboradores haviam compreendido exatamente o procedimento.

Em seguida, o experimentador deixava a sala para que o posicionamento dos eletrodos pudesse ser realizado por pesquisadores com experiência e domínio da técnica de ETCC. Por se tratar de um estudo duplo-cego, tanto o experimentador quanto os colaboradores não eram informados sobre o tipo de estimulação ocorrida.

Após o posicionamento dos eletrodos e com os equipamentos de ETCC devidamente ligados, o experimentador retornava a sala, aguardando completar os 5 minutos de estimulação. Em seguida, os colaboradores executaram os dois experimentos. Por fim, o experimentador saía da sala novamente para que os pesquisadores de ETCC pudessem desligar os aparelhos e retirar os eletrodos dos colaboradores. Antes de o colaborador ser liberado, foi aplicado o questionário dos Efeitos Colaterais para EMT e ETCC (Anexo I), para que fosse avaliado como ele sentiu a estimulação.

Cada sessão experimental durou de 40 a 60 minutos. No desenho experimental 1 todos os colaboradores participaram de 3 sessões, e a cada sessão foi realizada uma polaridade diferente na ETCC. Entretanto, nesse caso as condições foram aleatorizadas entre os sujeitos, tanto com relação à ordem com que os experimentos I e II, como com relação à polaridade aplicada em cada uma das três sessões.

#### **4.3.1. Aplicação da ETCC**

Os participantes receberam, em dias diferentes (com intervalos de pelo menos 48 horas) e em ordem randomizada, uma das seguintes estimulações:

- 1-** Estimulação anódica bilateral do córtex pré-frontal dorsolateral (ETCC<sub>Anódica</sub>) – ânodo posicionado em F3 e F4 conforme sistema internacional 10-20 de EEG e cátodo na altura do músculo deltóide direito;

- 2- Estimulação catódica bilateral do córtex pré-frontal dorsolateral (ETCC<sub>catódica</sub>) – cátodo posicionado em F3 e F4 conforme sistema internacional 10-20 de EEG e ânodo na altura do músculo deltóide direito;
- 3- Estimulação placebo (ETCC<sub>placebo</sub>) - ânodo posicionado em F3 e F4 conforme sistema internacional 10-20 de EEG e cátodo na altura do músculo deltóide direito.

No caso da estimulação placebo, cada sujeito recebeu a mesma seqüência de estimulação dos outros grupos, porém os aparelhos eram ligados por 60 segundos, para que o participante tenha a percepção de que o aparelho está ligado, e, em seguida, era desligado. Esse procedimento tem sido continuamente descrito e se mostrado eficaz na condução de estudos com grupo placebo. Esta proposta de estimulação cortical bilateral foi feita por meio de dois aparelhos de ETCC, cujos eletrodos foram posicionados no músculo deltóide direito, conforme orientação de estudos como os de Priori e colaboradores (2008) e Ferrucci e colaboradores (2008). Além disso, a aplicação de cada uma das estimulações foi realizada em horários pré-determinados, com intervalo de 48 horas (para minimizar possíveis efeitos cumulativos da ETCC).

A utilização de ETCC bilateral teve como justificativa o fato de este ser um estudo exploratório. Considerando que, na literatura, muitos estudos (PRADO; CARP; WEISSMAN, 2011, WANG et al., 2009, SILTON et al., 2010) atribuem uma importância bilateral do CPFDL nas funções atencionais, entendeu-se que seria importante realizar a modulação das regiões frontais de ambos os hemisférios. Dessa forma, a estimulação bilateral com ETCC<sub>anódica</sub> ou ETCC<sub>catódica</sub> teve como finalidade gerar um aumento ou diminuição do padrão de excitabilidade cortical bilateral e, assim, promover a modulação no processamento de informação da circuitaria frontoparietal.

#### **4.3.2. Critérios de segurança da ETCC**

Estudos que utilizaram a ETCC têm apontado que esta é uma técnica segura, pois nenhuma pesquisa apresentou efeitos colaterais decorrentes da sua aplicação (ANTAL et al., 2004; NITSCHKE et al., 2003; NITSCHKE et al., 2004; NITSCHKE et al., 2008). Entretanto, vários critérios sobre a utilização de corrente contínua aplicada sobre o escalpe devem ser investigados e utilizados para garantir a segurança da aplicação.



A possibilidade de esta técnica causar lesão cerebral pela formação de produtos tóxicos, causada pela interação dos eletrodos com o córtex cerebral, não é significativa (NITSCHÉ et al., 2003), pois os eletrodos estarão em contato direto apenas com a pele e não com o córtex cerebral. Esponjas com solução salina, usadas no presente estudo, previnem o risco de lesão dermatológica.

Nitsche, em 2004, com o objetivo de estabelecer dados de segurança sobre a utilização da técnica da ETCC, realizou exames de imagem por ressonância magnética antes da aplicação da estimulação, 30 e 60 minutos após a mesma. A análise das imagens revelou que nenhuma alteração patológica foi detectada, ou seja, não houve evidência de edema cerebral, alterações do tecido cerebral ou da barreira hematoencefálica após a utilização da ETCC.

Um estudo anterior, por sua vez, buscou identificar se a utilização da ETCC poderia provocar a morte neuronal. Para tanto, os autores observaram se, após a utilização da estimulação, houve variação na concentração de enolase nas áreas de interesse. A enolase é uma proteína conhecida por ser um marcador biológico de morte neuronal. Não foi encontrada nenhuma alteração significativa na concentração de enolase (NITSCHÉ et al. 2003).

Accornero e colaboradores (2006) fizeram um estudo, no qual foram monitorados os batimentos cardíacos, a pressão arterial e a temperatura durante a estimulação e 20 minutos após seu término. Os autores não observaram nenhuma alteração nesses índices durante e após a ETCC, sinalizando que essa técnica não induziu nenhum efeito relacionado à ativação do tronco cerebral.

Em outro estudo, realizado por Iyer e colaboradores (2005) para avaliar a segurança e os efeitos cognitivos da ETCC em sujeitos saudáveis, foi observado que os participantes da pesquisa, além de tolerarem bem a exposição à estimulação, melhoraram de forma significativa o desempenho em teste de fluência verbal. Assim, de acordo com Nitsche e colaboradores (2003), se todas as precauções de segurança forem tomadas, não há razão para a ETCC seja considerada nociva a seres humanos. Este trabalho se baseou nos critérios de segurança definidos por Nitsche e colaboradores (2008).

#### **4.4. Análise dos dados**

Ao final de cada experimento, foi extraída uma mediana dos tempos de reação para cada condição e cada participante. Estes dados foram, então, submetidos a análises de variância (ANOVAs) para comparar o desempenho dos participantes nas diferentes sessões experimentais. Foram avaliados também os diferentes tipos de erros, sejam eles por antecipação ou por omissão de respostas.

Na concepção desse projeto buscou-se analisar a modulação causada pela ETCC catódica e anódica bilaterais aplicadas no córtex pré-frontal dorsolateral sobre os tempos de reação nas condições válidas e inválidas da orientação voluntária da atenção. Assim, a análise será focada no exame dessa variação. Desse modo, os tipos específicos de análise para cada organização dos desenhos experimentais serão descritos antes de sua apresentação no próximo item.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Optou-se por nessa dissertação por apresentar os resultados e fazer sua discussão de modo integrado, uma vez que o direcionamento da seleção e execução dos procedimentos dependeu de resultados prévios.

### 5.1. EXPERIMENTOS PILOTO

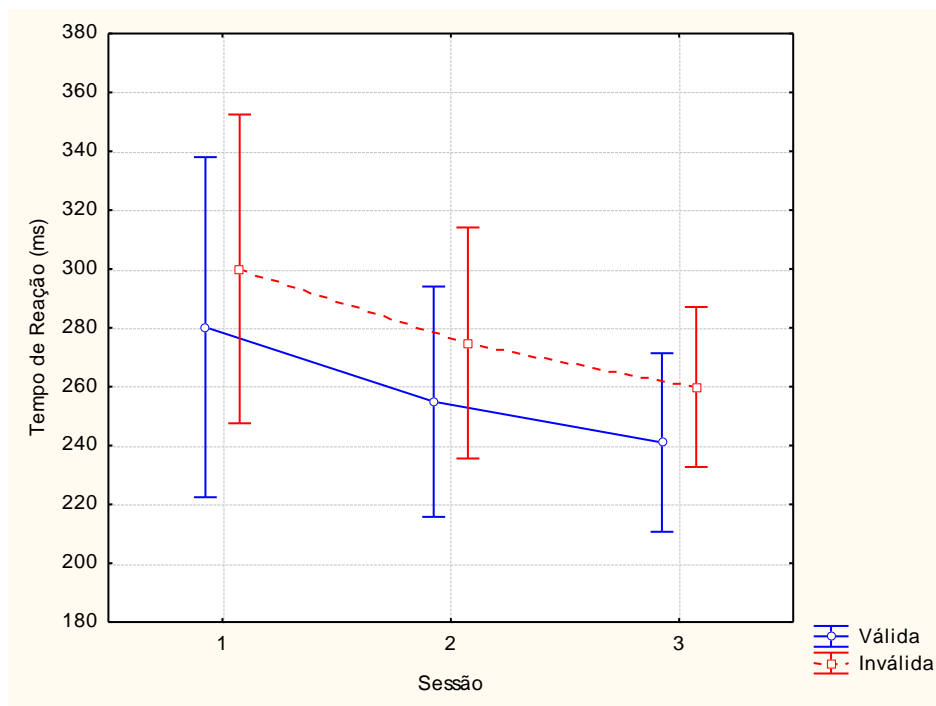
#### 5.1.1. EXPERIMENTO 1-Piloto: Orientação voluntária espacial da atenção

As medianas dos TR para cada condição no Experimento 1-Piloto foram submetidas a uma ANOVA multifatorial com medidas repetidas, que compreendeu os seguintes fatores: sessão com 3 níveis (1, 2 e 3); intervalo pista-alvo com dois níveis (300 ou 800 ms); e pista com dois níveis (válida e inválida). Os resultados podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento 1-Piloto

EFEITO	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
SESSÃO (1; 2; 3)	258E2	2	129E2	9,75	0,002*
INTERVALO (300; 800)	175E2	1	175E2	23,67	0,002*
Pista (Válida; Inválida)	9165,0	1	9165,0	25,38	0,001*
SESSÃO*INTERVALO	153,0	2	77,0	0,72	0,502
SESSÃO*CONDIÇÃO	5,0	2	3,0	0,01	0,987
INTERVALO*CONDIÇÃO	231,0	1	231,0	3,03	0,125
SESSÃO*INTERVALO*CONDIÇÃO	135,0	2	67,0	0,44	0,653

Foram observadas diferenças significativas para os fatores: (1) “sessão” ( $p=0,002$ ), no qual os TR diminuem em função das sessões; (2) “intervalo” ( $p=0,002$ ), no qual os TR são menores para os intervalos maiores (800ms); e “pista” ( $p=0,001$ ). Não foram observadas interações significativas entre o fator “sessão” e qualquer outro.



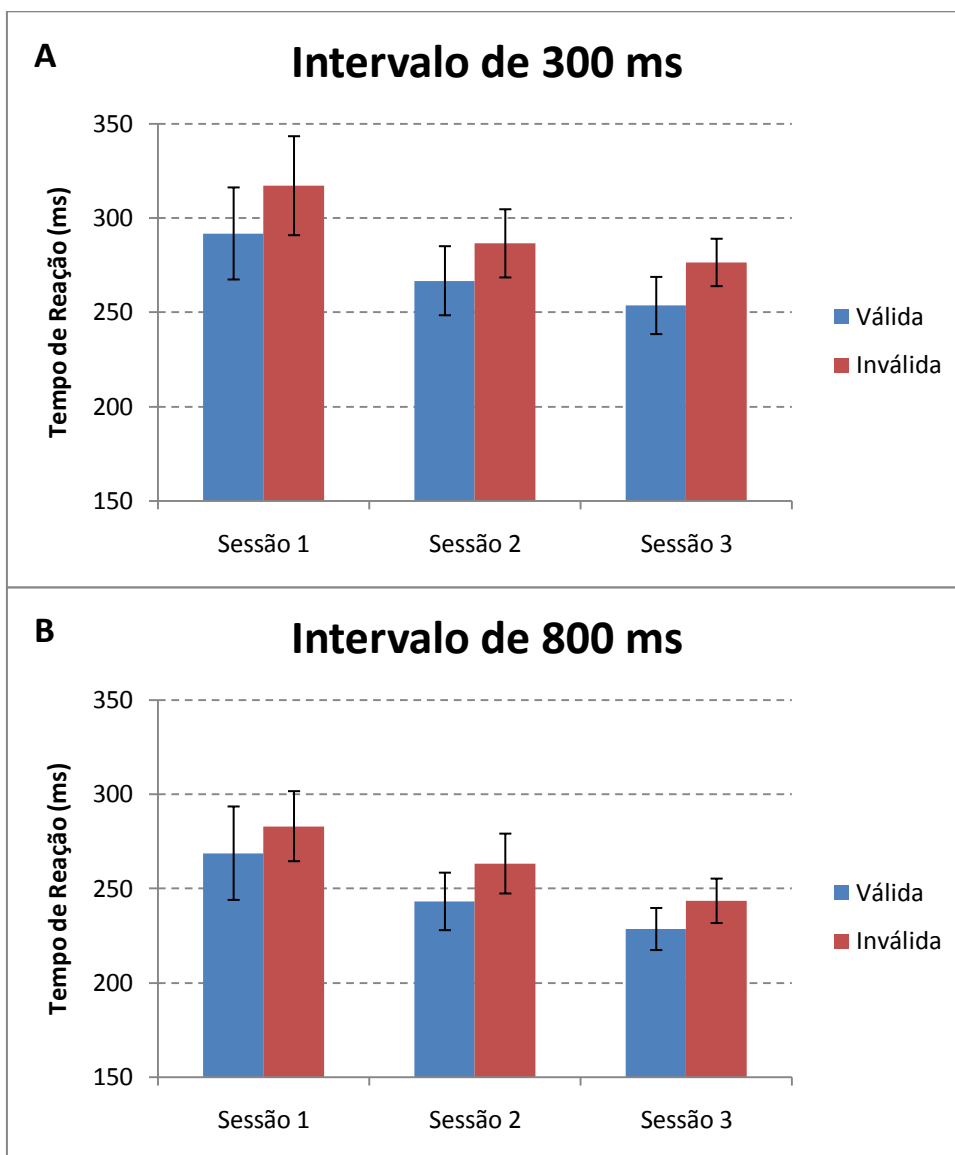
**Gráfico 1.** Correlação não significativa dos fatores “sessão” e “condição” apresentando os Tempos de Reação em ms (Média ± EPM).

A interação não significativa ( $F(2, 14)=0,01273$ ,  $p=0,987$ ) dos fatores “sessão” e “pista” demonstra que, mesmo os TR diminuindo globalmente em função das sessões, o efeito da “pista”, ou seja, a diferença entre as condições válida e inválida se mantém inalteradas nas sessões (Gráfico 1 e Tabela 3). A manutenção dessa diferença permite que seja montado o desenho experimental com intervenções diferentes (anódica, catódica e placebo) em diferentes sessões.

**Tabela 3.** Diferenças nos TR entre as condições válida e inválida em função das sessões. Observa-se uma constância nessas diferenças em torno de 19 ms.

Sessão	Condição	TR (ms)	Diferença (ms) (Inválida-Válida)
1	Válida	280,2	19,8
	Inválida	300,0	
2	Válida	254,9	19,9
	Inválida	274,8	
3	Válida	241,0	18,9
	Inválida	259,9	

Nessa condição seria esperado que a ETCC gerasse uma modulação que influenciasse nessa diferença, aumentando o efeito da orientação da atenção (o que diminuiria os TR na condição válida), ou dificultando sua reorientação (tornando maiores os TR na condição inválida).



**Gráfico 2.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função das sessões e condições por intervalo. Gráfico 2A – intervalo pista-alvo de 300 ms e Gráfico 2B – intervalo pista-alvo de 800 ms.

É possível observar que os TR para a condição de orientação válida são menores que os TR para a condição de orientação inválida, isto é, quando o alvo aparece no local indicado pela pista o TR é menor do que alvo que aparece no local indicado

incorretamente pela pista. (Gráfico 2B). Estes resultados estão de acordo com a literatura, indicando que a pista leva o colaborador a deslocar sua atenção para o lado indicado. Este deslocamento da atenção facilita a detecção do alvo e, conseqüentemente, a sua resposta que é expressa pela diminuição dos TR (ARAÚJO; CARREIRO, 2009. POSNER; RAICHLE, 1997). De acordo com Posner (1978), a orientação prévia da atenção para uma posição do espaço facilita a detecção de estímulos nesta posição, e torna mais lenta a detecção de estímulos em outras.

É possível observar também que os TR no intervalo de 800 ms são menores que os do Intervalo de 300 ms (Gráfico 2A). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que intervalos pista-alvo maiores permitem maior tempo para direcionamento de recurso atencionais para locais previamente indicados. Esses resultados são condizentes com os achados da literatura (ARAÚJO; CARREIRO, 2009, CARREIRO, 2003, POSNER; RAICHLE, 1997).

### 5.1.2. EXPERIMENTO 2-Piloto: Orientação voluntária temporal da atenção

#### Intervalos de 100, 300 e 500 ms

As medianas dos TR para cada condição no Experimento 2-Piloto formam submetidas a duas ANOVA multifatoriais com medidas repetidas. A primeira delas (Tabela 4) compreendeu os seguintes fatores: sessão com 3 níveis (1, 2 e 3) e intervalo pista-alvo com três níveis (100, 300 e 500 ms). Nessa condição, o intervalo de 300 ms ocorria com maior recorrência (70%). A segunda ANOVA (Tabela 5) compreendeu os fatores: sessão com 3 níveis (1, 2 e 3) e intervalo pista-alvo com três níveis (500, 700 e 900 ms). Nessa condição, o intervalo de 700 ms ocorria com maior frequência (70%).

**Tabela 4.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento 2-Piloto do bloco com intervalos de 100, 300 e 500 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 300 ms.

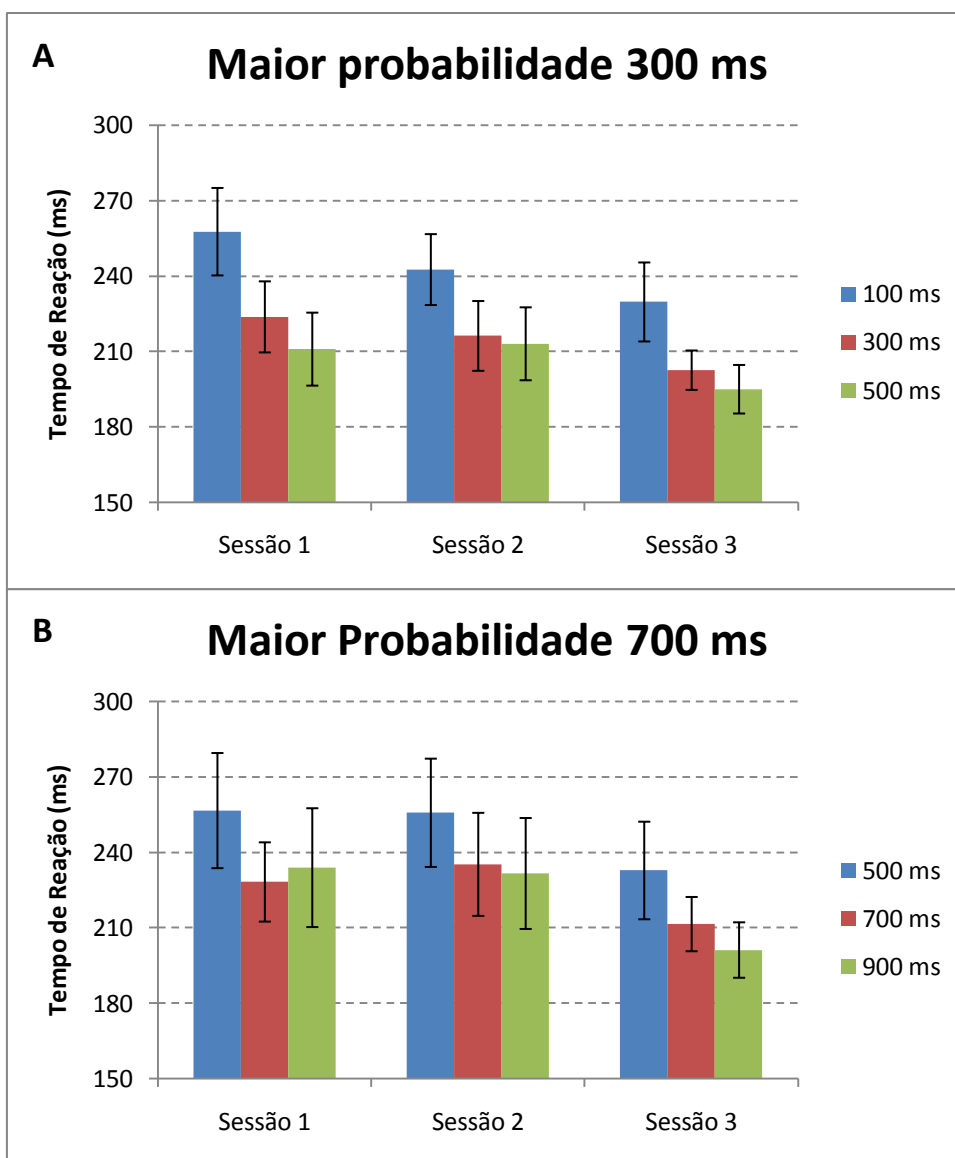
EFEITO	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
SESSÃO (1; 2; 3)	5902,0	2	2951,0	4,64	0,029*
INTERVALO (100; 300; 500 ms)	182E2	2	9102,0	21,39	<0,001*
SESSÃO*INTERVALO	631,0	4	158,0	0,78	0,548

**Tabela 5.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento 2-Piloto do bloco com intervalos de 500, 700 e 900 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 700 ms.

EFEITO	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
SESSÃO (1; 2; 3)	101E2	2	5039,0	4,24	0,036*
INTERVALO (500; 700; 900 ms)	9908,0	2	4954,0	11,31	0,001*
SESSÃO*INTERVALO	567,0	4	142,0	0,38	0,821

Tanto para o bloco de maior recorrência a 300 ms, quanto para o de maior recorrência a 700, foram observados efeitos estatisticamente significativos dos fatores: “sessão” ( $p=0,029$  e  $p=0,036$  respectivamente), sendo que os TR diminuem em função das sessões; e “intervalo” ( $p<0,001$  e  $p=0,001$  respectivamente), para o qual os TR são menores nos intervalos mais longos (Gráfico 3A e 3B). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que intervalos pista-alvo maiores permitem maior tempo para direcionamento de recurso atencionais para locais previamente indicados. Esses resultados são condizentes com os achados da literatura (ARAÚJO; CARREIRO, 2009, CARREIRO, 2003, POSNER; RAICHLE, 1997). Esses resultados também estão de acordo com os observados por Silva e colaboradores (2009) no qual tais autores concluem que é possível orientar a atenção para momento particulares no tempo e que o controle da previsibilidade temporal é um modo possível para este direcionamento. Não foram observadas interações significativas do fator “sessão” e “intervalo”.

Nessa condição seria esperado que a ETCC gerasse uma modulação que tornasse mais eficiente o efeito da orientação da atenção para os intervalos temporais mais recorrentes.



**Gráfico 3.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função das sessões e condições por intervalo. O Gráfico 3A mostra os resultados do bloco com maior probabilidade a 300 ms, e o Gráfico 3B a 700 ms.

#### 5.1.2.1. Comparação do TR para os Intervalos de 500 nos blocos com maior probabilidade a 300 ms e a 700 ms

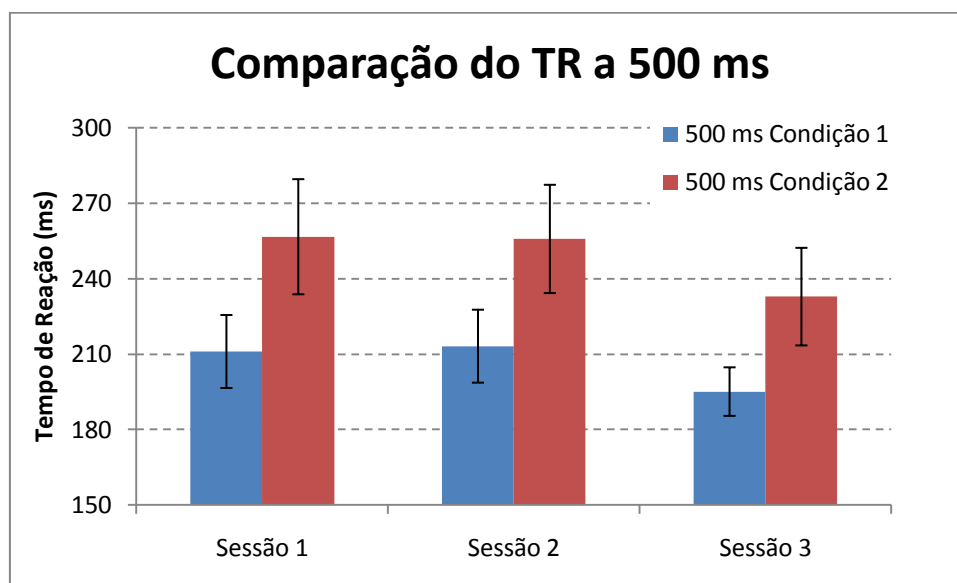
Foi feita uma ANOVA adicional para comparar os TR no intervalo de 500 ms. Esse intervalo está presente nos dois blocos de testes do Experimento 2-Piloto, sendo o único intervalo que se repete. Nos dois blocos ele é pouco recorrente (probabilidade de 15%), sendo que em um ele é o intervalo mais longo e no outro o mais curto. Os resultados podem ser vistos na Tabela 6.



**Tabela 6.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas que compara os TR para os alvos no intervalo de 500 no Experimento 2-Piloto, tanto no bloco com intervalos de 100, 300 e 500 ms, quanto para o bloco com intervalos de 500, 700 e 900 ms.

EFEITO	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
SESSÃO (1; 2; 3)	4350,0	2	2175,0	2,88	0,090
INTERVALO (500 ms no Bloco135 e no bloco 579)	212E2	1	212E2	12,07	0,010*
SESSÃO*INTERVALO	126,0	2	63,0	0,23	0,795

Nesse caso, observa-se uma diferença que depende mais do conjunto de possíveis intervalos em cada bloco do que do intervalo em si. No entanto, foi encontrada uma diferença significativa para esse intervalo em cada um dos dois blocos ( $p=0,10$ ). Tal diferença se mantém nas diferentes sessões (Gráfico 4). Resultados semelhantes também foram encontrados por Macedo e colaboradores (2009) que observaram em seus estudos que o intervalo em si não é o único determinante do decaimento do TR, mas que há uma dependência do conjunto de intervalos utilizados.



**Gráfico 4.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função das sessões e condições por intervalo

**Tabela 7.** Diferenças nos TR para os alvos no intervalo de 500 ms no Experimento 2-Piloto, tanto no bloco com intervalos de 100, 300 e 500, quanto para o bloco com intervalos de 500, 700 e 900 ms.

Sessão	Diferença no TR, em ms, entre as Condições 1 e 2
1	45,6
2	42,6
3	37,8
<b>Média</b>	<b>42,0</b>

## 5.2. EXPERIMENTOS COM PROCEDIMENTO DE ESTIMULAÇÃO

### 5.2.1. EXPERIMENTO I: Orientação Voluntária Espacial da Atenção

#### 5.2.1.1. Desenho Experimental 1

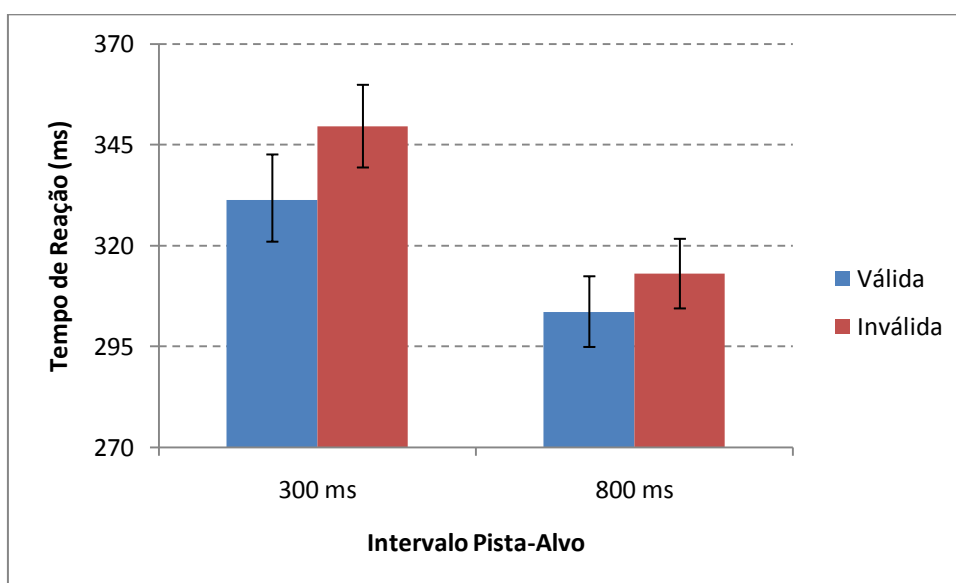
Participaram doze sujeitos, os quais foram submetidos a três sessões, sendo uma para cada tipo de condição de estimulação. As medianas dos TR para cada condição no Experimento 1, nesse desenho experimental, foram submetidas a uma ANOVA multifatorial com medidas repetidas que compreendeu os seguintes fatores: tipo de estimulação com 3 níveis (anódica, placebo e catódica); pista com dois níveis (válida e inválida); e intervalo pista-alvo com dois níveis (300 ou 800 ms). Os resultados podem ser observados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Resultados da ANOVA do Experimento 1, no desenho experimental composto por 12 sujeitos com 3 sessões cada, sendo uma para cada tipo de condição de estimulação.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO	327,0	2	163,0	0,18	0,834
PISTA	7028,0	1	7028,0	18,86	0,001*
INTERVALO	372E2	1	372E2	82,07	0,000*
ESTIMULAÇÃO*PISTA	1130,0	2	565,0	2,39	0,115
ESTIMULAÇÃO*INTERVALO	55,0	2	28,0	0,16	0,855
PISTA*INTERVALO	702,0	1	702,0	6,71	0,025*
ESTIMULAÇÃO*PISTA* INTERVALO	360,0	2	180,0	1,77	0,193

Observaram-se diferenças significativas para os fatores “pista” ( $F(1, 11)=18,864$ ,  $p=0,00117$ ), sendo que os alvos que tiveram pistas válidas geram TR mais curtos, e para o fator “intervalo”, no qual alvos apresentados no intervalo pista-alvo de 800 ms geraram TR mais curtos ( $F(1, 11)=82,073$ ,  $p<0,00001$ ) em comparação com o intervalo de 300 ms. Estes resultados estão de acordo com a literatura, indicando que a ocorrência de uma pista preditiva leva o colaborador a deslocar sua atenção para o lado indicado. Este deslocamento da atenção facilita a detecção do alvo e, conseqüentemente, a diminuição dos TR (ARAÚJO; CARREIRO, 2009, POSNER; RAICHLE, 1997). De acordo com Posner (1978), a orientação prévia da atenção para uma posição do espaço facilita a detecção de estímulos nesta posição, e torna mais lenta a detecção de estímulos em outras. Observa-se também que os TR no intervalo de 800 ms são menores que os do Intervalo de 300 ms, tal resultado pode ser explicado pelo fato de que intervalos pista-alvo maiores permitem maior tempo para direcionamento de recurso atencionais para locais previamente indicados. Esses resultados são condizentes com os achados da literatura (ARAÚJO; CARREIRO, 2009, CARREIRO, 2003, POSNER; RAICHLE, 1997).

Houve também uma interação significativa de dois níveis ( $F(1, 11)=6,7150$ ,  $p=0,02508$ ) entre os fatores “pista” e “intervalo”. Como pode ser visto no Gráfico 5, a diferença entre as condições válida e inválida no intervalo de 300 ms são maiores que as diferenças verificadas no intervalo de 800 ms.

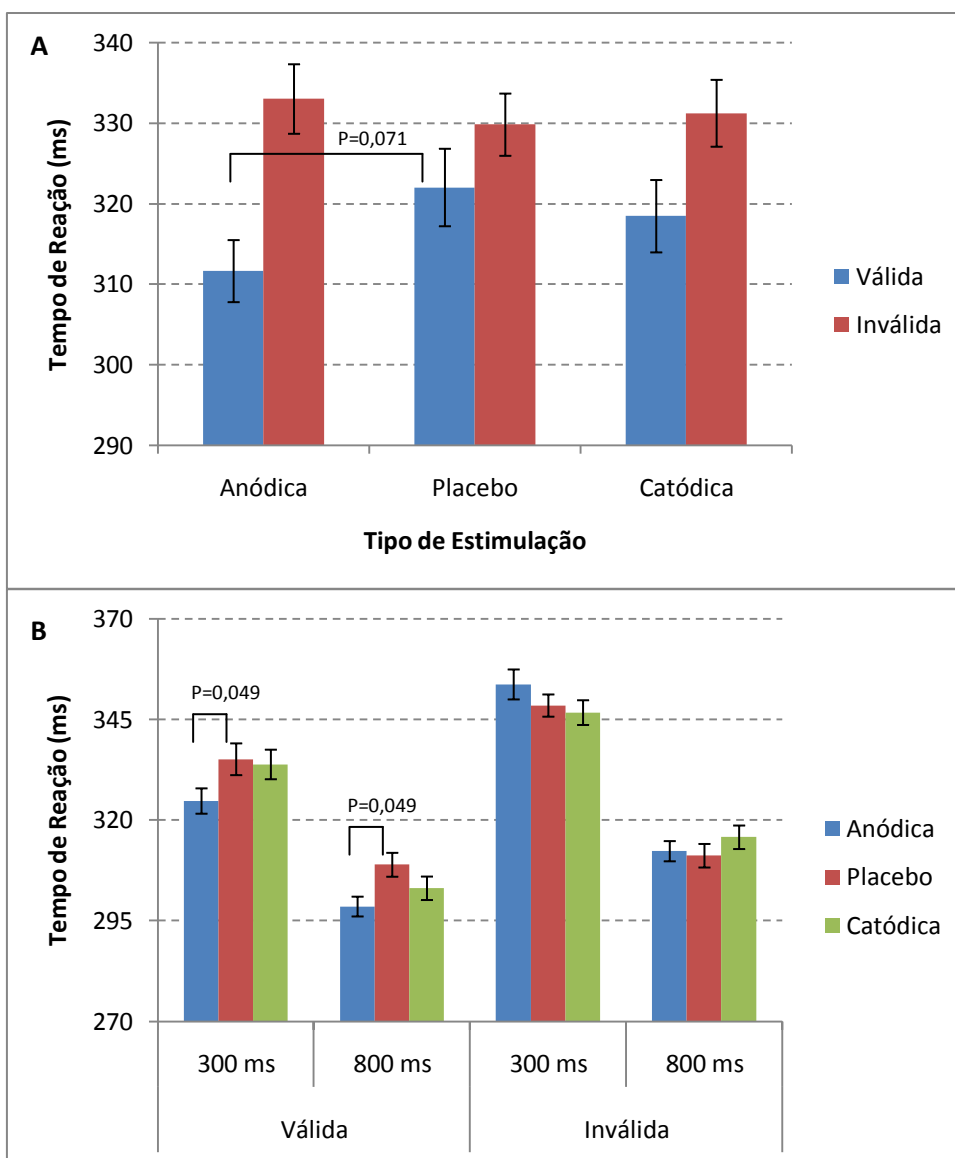


**Gráfico 5.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função dos intervalos pista-alvo de 300 e 800 ms, para cada condição de pista (válida ou inválida)

Com relação às comparações que envolvem o fator “Tipo de Estimulação”, mesmo não sendo observado efeito principal, duas interações devem ser investigadas mais diretamente e seus efeitos observados. Nesse caso, ao se considerar o número de fatores da análise e o número de sujeitos que fizeram parte da amostra, é possível, por meio de uma análise post-hoc utilizando o método Newman-Kewls, avaliar especificamente os efeitos das condições anódica em relação ao placebo em função dos outros fatores. Além disso, esse estudo se configura como um estudo exploratório, de modo que a investigação de tendências é importante para auxiliar no direcionamento do trabalho. Outro ponto que pode ser utilizado como justificativa para essa opção é o fato de que todas as tendências que serão analisadas estão de acordo com os dados de estudos envolvendo ETCC, ou seja, no uso da modulação anódica observa-se facilitação dos processos enquanto o da modulação catódica efeito oposto.

Inicialmente, é preciso observar a interação entre os fatores “tipo de estimulação” e “pista”. Tal interação obteve um efeito  $F(2, 22)=2,3923$ ,  $p=0,1148$  e ao se observar os resultados específicos da estimulação anódica e placebo para a condição válida observa-se uma diferença  $p=0,07$  (Gráfico 6A).

A segunda interação que deve ser considerada é a de 3 fatores entre “tipo de estimulação”, “pista” e “intervalo”, na qual observou-se uma diferença com grau de significância igual à  $0,19310$  ( $F(2,22)=1,7738$ ,  $p=0,19310$ ). Nesse caso, houve uma diferença significativa (Gráfico 6B), quando comparadas a estimulação anódica e placebo, nas condições válidas no intervalo de 300 ms ( $p=0,049$ ) e de 800 ms ( $p=0,049$ ).

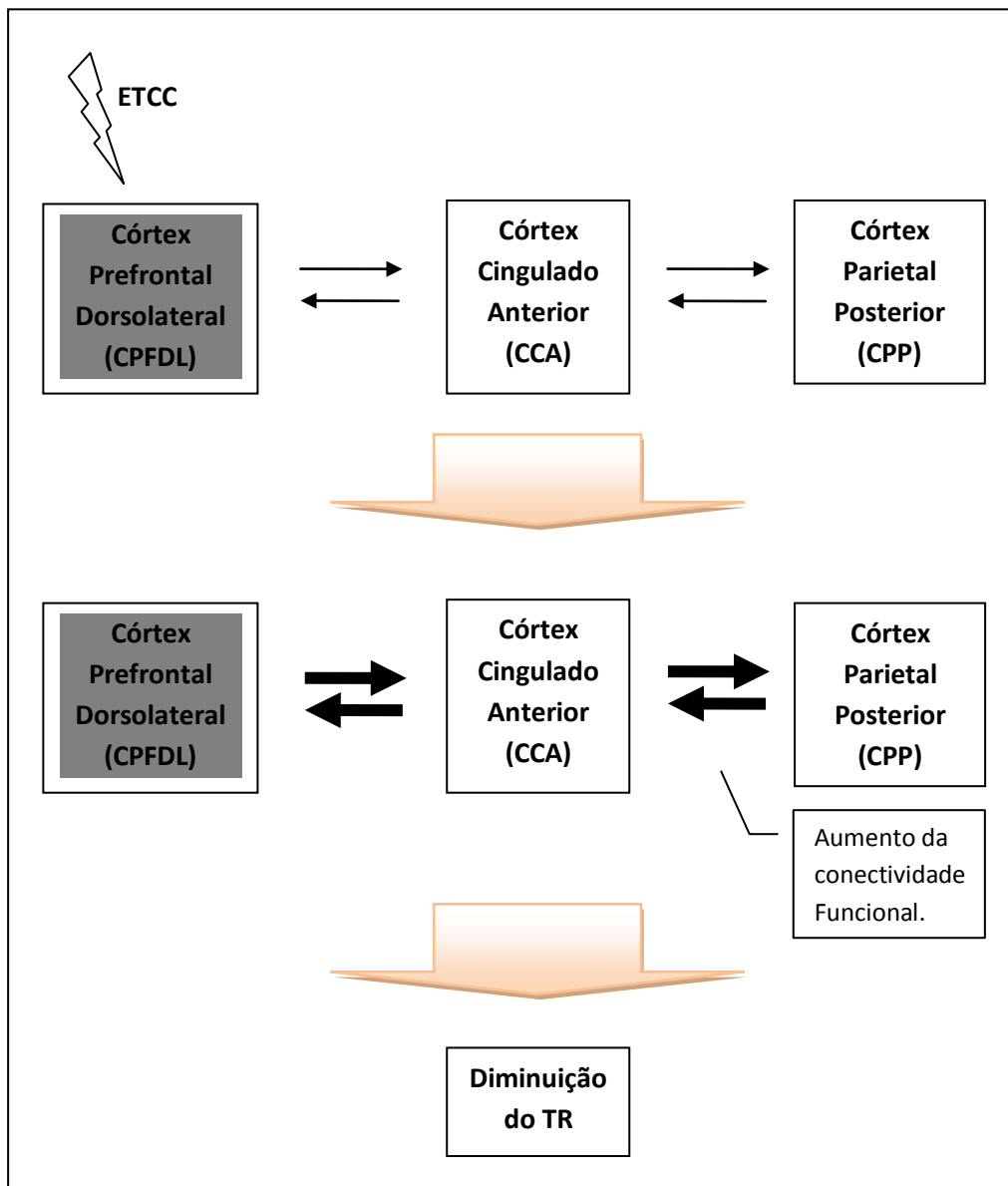


**Gráfico 6.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) para cada uma das condições de estimulação (anódica, placebo e catódica) no desenho com 12 sujeitos em função: **6A)** da validade da pista (válida e inválida), e **6B)** da validade da pista (válida e inválida) e do intervalo pista alvo (300 e 800 ms).

Nesse sentido, é possível sugerir a ocorrência de um efeito facilitador da modulação anódica sobre o direcionamento atencional. Assim, quando há uma estimulação anódica bilateral no córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL) observou-se uma maior eficácia do direcionamento atencional, e, ao se comparar tal efeito com a condição inválida, observa-se que os TR aumentam para essa condição, demonstrando que um direcionamento mais eficaz da atenção causa diminuição dos TR na condição válida e uma tendência ao aumento dos TR na condição inválida, em comparação com a estimulação placebo. Tal explicação pode ser pensada tendo-se como base os dados de

Prado, Carp e Weissman (2011), os quais, por meio de estudos que utilizam a medida do TR e imagem por ressonância magnética funcional, descrevem que o TR está associado a variações na conectividade funcional entre associações de regiões relacionadas ao controle atencional, como o Córtex Cingulado Anterior (CCA), Córtex Prefrontal Dorsolateral (CPF DL) e Córtex Parietal Posterior (CPP).

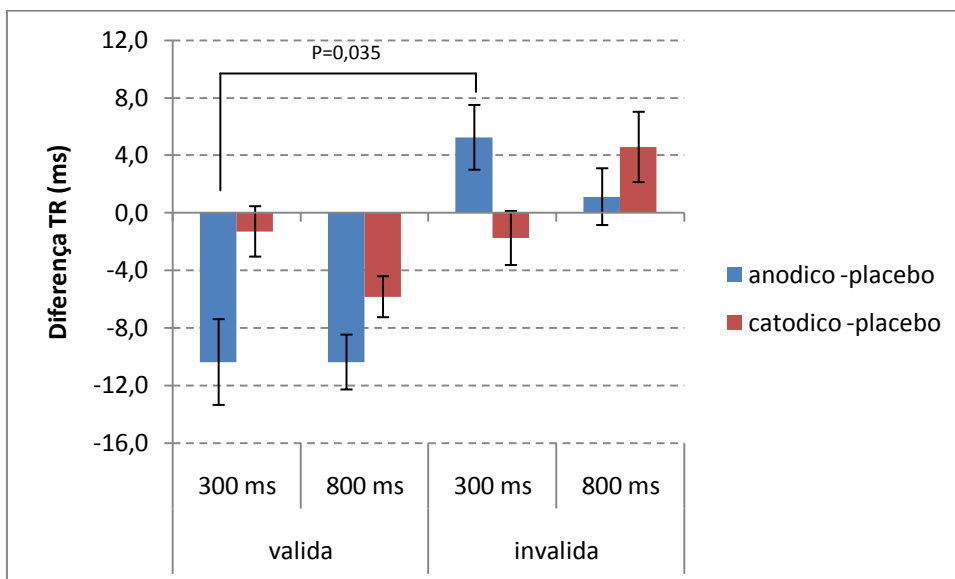
Assim, ao imaginar que a estimulação anódica, modula a atividade do CPF DL, aumentando a chance de ativação dessa região, o que tornaria mais ativo o circuito CPF DL-CCA-CPP, tornado o direcionamento atencional mais eficaz o que diminuiria o TR. Assim, tem-se que a estimulação anódica modula a atividade do CPF DL, aumentando a chance de ativação dessa região, o que tornaria mais ativo o circuito CPF DL-CCA-CPP e mais eficaz o direcionamento atencional, levando à diminuição do TR. Tal idéia pode ser observada no esquema a seguir, que busca criar uma compreensão sobre a circuitaria funcional.



**Figura 4.** Representação esquemática da possível ação da ETCC no CPFDL com base no artigo de Prado, Carp e Weissman (2011), que, mediante estudos que utilizam a medida do TR e imagem por ressonância magnética funcional, descrevem que o TR está associado a variações na conectividade funcional entre associações de regiões relacionadas ao controle atencional.

Além disso, fica mais clara a idéia de um possível efeito facilitador da estimulação anódica se compararmos as diferenças no TR para cada uma das condições em função da condição placebo, que é utilizada como linha de base. Nesse caso, observou-se uma interação de três níveis dos fatores: “tipo de estimulação em comparação com o placebo”, sendo a diferença (anódica *menos* placebo) e (catódica *menos* placebo); “condição”; e “intervalo”, com valor de  $F(1, 11)=3,2861$ ,  $p=0,09722$ . A partir

desses resultados foi feita uma análise post-hoc utilizando o método Newman-Kewls para comparar as diferenças específicas. Tais diferenças podem ser vistas no Gráfico 7.



**Gráfico 7.** Diferenças no Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) entre as condições de estimulação: (anódica menos placebo) e (catódica menos placebo), para as condições válida e inválida, e intervalos de 300 e 800 ms.

A partir desses dados, foi construído outro desenho experimental com o objetivo de aumentar do número de sujeitos da amostra e diminuir o efeito da sessão, que, mesmo não interferindo sobre a magnitude das diferenças, poderia influenciar os resultados dos diferentes tipos de estimulação.

### 5.2.1.2. Desenho Experimental 2

Participaram dezoito sujeitos, sendo que cada um foi submetido a uma sessão. Foram formados três grupos com seis sujeitos para cada tipo de condição de estimulação. As medianas dos TR para cada condição no Experimento 2, nesse desenho experimental, foram submetidas a uma ANOVA multifatorial com medidas repetidas que compreendeu os seguintes fatores: tipo de estimulação (fator intergrupos) com três níveis (anódica; placebo e catódica); pista com dois níveis (válida e inválida) e intervalo pista-alvo com dois níveis (300 ou 800 ms). Os resultados podem ser observados na Tabela 9.



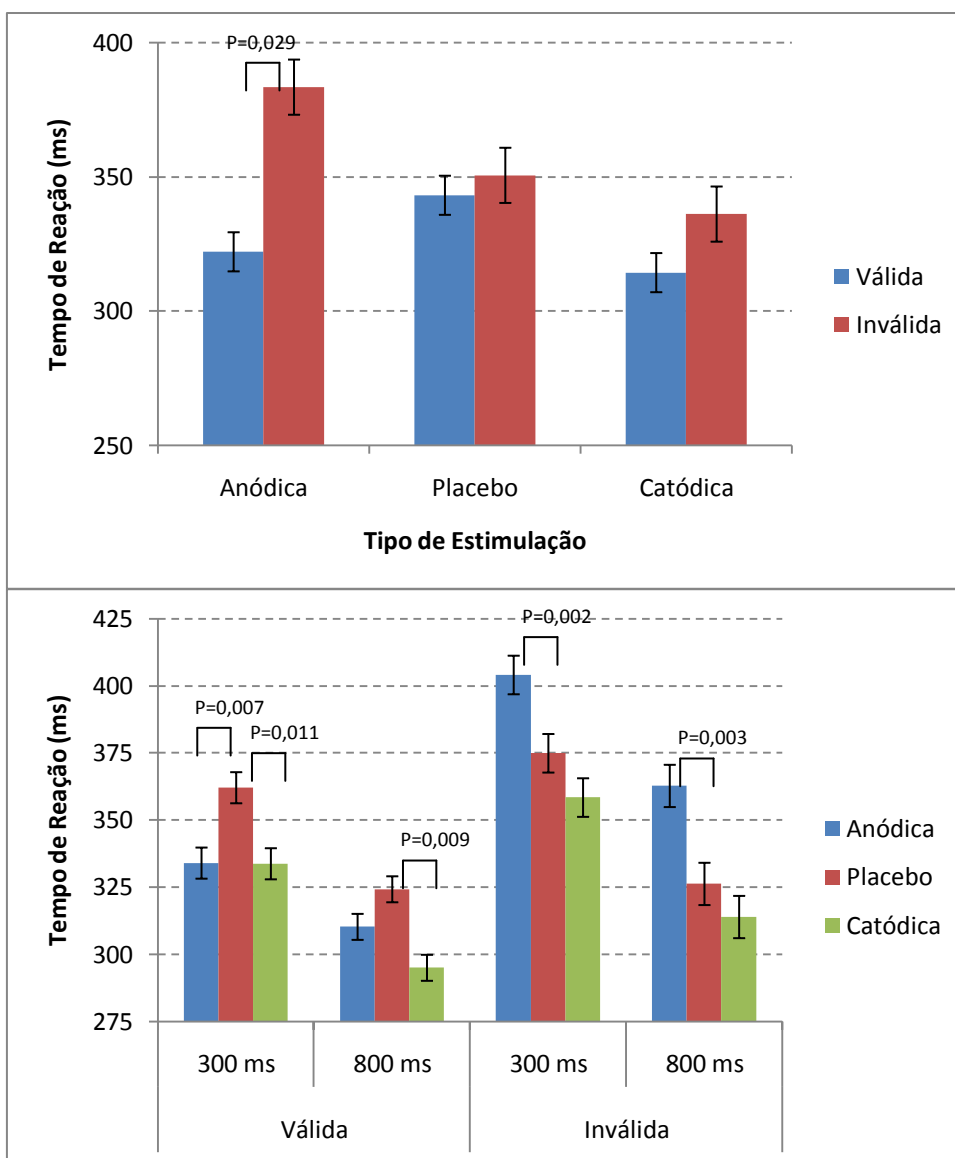
**Tabela 9.** Resultados da ANOVA do Experimento 2, no desenho experimental composto por 18 sujeitos com uma sessão cada, sendo formados 3 grupos de 6 sujeitos para cada tipo de condição de estimulação.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO (Intergrupos)	101E2	2	5031,0	1,4	0,288
PISTA	164E2	1	164E2	8,2	0,012*
PISTA*ESTIMULAÇÃO	9339,	2	4669,0	2,4	0,129
INTERVALO	276E2	1	276E2	108,3	<0,001*
INTERVALO * ESTIMULAÇÃO	400,0	2	200,0	0,8	0,474
PISTA*INTERVALO	584,0	1	584,0	3,3	0,092
PISTA*INTERVALO* ESTIMULAÇÃO	106,0	2	53,0	0,3	0,749

Assim como no desenho anterior, foram observadas diferenças significativas para os fatores “Pista” ( $F(1, 15)=8,2498$ ,  $p=,01163$ ), sendo que os alvos que tiveram pistas válidas geraram TR mais curtos; e para o fator “Intervalo”, sendo que os alvos apresentados no intervalo de 800 ms geram TR mais curtos ( $F(1, 15)=108,30$ ,  $p<0,00001$ ) em comparação com o intervalo de 100 ms. Houve, também, uma interação de dois níveis entre os fatores “pista” e “intervalo”, que apresentou uma significância de  $F(1, 15)=3,2508$ ,  $p=,09151$ .

As comparações que envolvem o fator “tipo de estimulação” foram observadas por meio de uma análise post-hoc utilizando o método Newman-Kewls, que avalia especificamente os efeitos das condições anódicas em relação ao placebo, em função dos outros fatores. Inicialmente, foi observada a interação dos fatores “tipo de estimulação” e “pista”, a qual obteve um efeito  $F(2, 15)=2,3517$ ,  $p=0,12931$ . Ao se observar os efeitos específicos da estimulação anódica para as condições válida e inválida observa-se uma diferença  $p=0,029$  (Gráfico 8A).

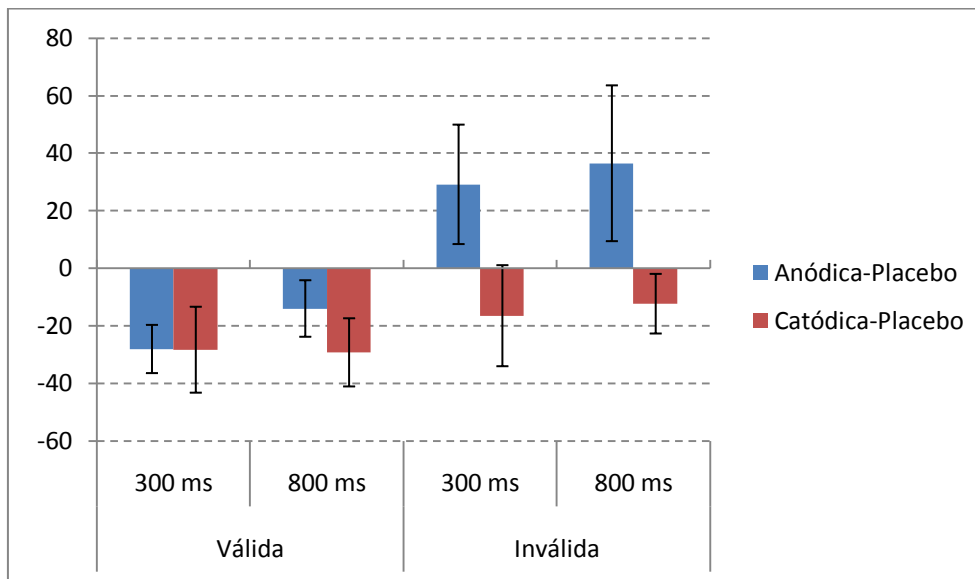
A segunda interação observada, com intuito de estabelecer comparações com o desenho anterior, foi de 3 fatores entre “tipo de estimulação”, “pista” e “intervalo”. Nesse caso, foi verificada uma diferença significativa (Gráfico 8B) ao se comparar as condições de estimulação anódica e placebo, no intervalo de 300 ms para as condições válidas ( $p=0,007$ ) e inválida ( $p=0,002$ ), dentre outras, como pode ser visto no Gráfico 8B.



**Gráfico 8.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) para cada uma das condições de estimulação (anódica; placebo e catódica), no desenho com 12 sujeitos, em função: **8A)** da validade da pista (válida e inválida) e **8B)** da validade da pista (válida e inválida) e do intervalo pista-alvo (300 e 800 ms) no desenho com 18 sujeitos.

A análise do Experimento 1 permite reforçar a idéia do efeito facilitador da modulação anódica sobre o direcionamento atencional. Assim, nesse tipo de estimulação bilateral no CPFDL observou-se uma maior eficácia do direcionamento atencional, e, ao se comparar tal efeito com a condição inválida, observa-se que os TR aumentam para essa condição. Isso demonstra um direcionamento mais eficaz da atenção, o qual leva a uma diminuição dos TR na condição válida tanto quanto pela confirmação do aumento dos TR na condição inválida em comparação com a estimulação placebo.

Além disso, fica mais clara a idéia de um possível efeito facilitador da modulação anódica ao compararmos as diferenças no TR para cada uma das condições em função da estimulação placebo, que é utilizada como linha de base. Nesse caso, foi feita uma análise da diferença de cada condição em função da média obtida no grupo de estimulação placebo, uma vez que os grupos são independentes. Não foram obtidas diferenças significativas, entretanto, observa-se o mesmo padrão do desenho anterior.



**Gráfico 9.** Diferenças no Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) entre as condições de estimulação: (anódica menos placebo) e (catódica menos placebo), para as condições válida e inválida e intervalos de 300 e 800 ms

### 5.3. EXPERIMENTO II: Orientação Voluntária Temporal da Atenção

#### 5.3.1. Desenho Experimental 1

Participaram doze sujeitos, sendo que cada um foi submetido a três sessões para cada tipo de estimulação. As medianas dos TR para cada condição no Experimento 2 do desenho experimental 1 foram submetidas a duas ANOVA multifatoriais com medidas repetidas. A primeira (Tabela 10) compreendeu os seguintes fatores: “tipo de estimulação” com três níveis (anódica, placebo e catódica); e “intervalo pista-alvo” com três níveis (100, 300 e 500 ms). Nessa condição, o intervalo de 300 ms ocorria com maior frequência (70%). A segunda análise (Tabela 11) compreendeu os seguintes fatores: “tipo de estimulação”, com 3 níveis (anódica, placebo e catódica); e “intervalo pista-alvo”, com três níveis (500; 700; 900 ms). Nessa condição o intervalo de 700 ms ocorria com maior frequência (70%).

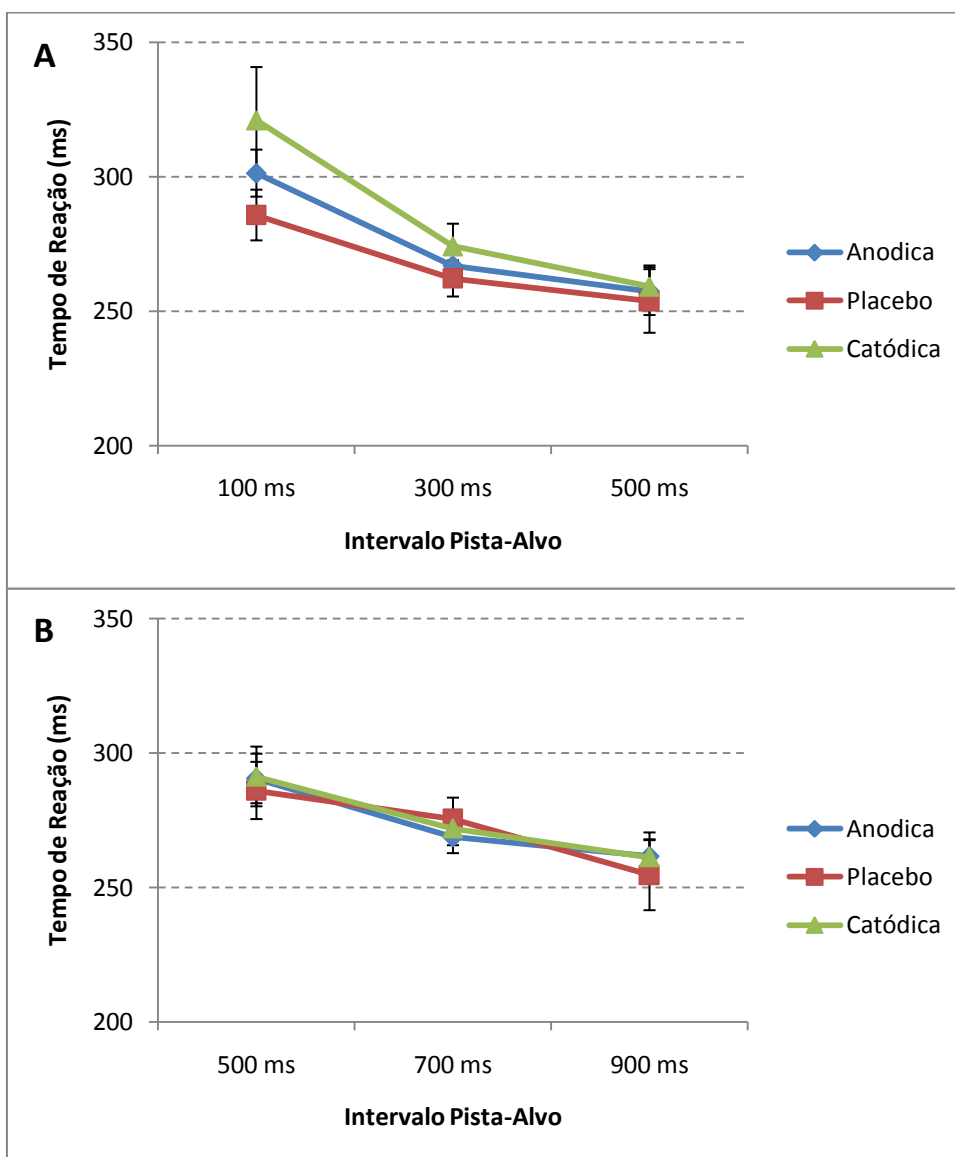
**Tabela 10.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 100, 300 e 500 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 300 ms.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO	5634,	2	2817,	1,97	0,163
INTERVALO (100/300/500)	414E2	2	207E2	33,29	<0,001*
ESTIMULAÇÃO*INTERVALO (100/300/500)	2993,	4	748,	1,78	0,150

**Tabela 11.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 500, 700 e 900 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 700 ms.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO	137,0	2	68,0	0,05	0,951
INTERVALO (500/700/900)	164E2	2	8178,0	15,06	<0,001*
ESTIMULAÇÃO*INTERVALO (500/700/900)	698,0	4	175,0	0,56	0,694

Tanto para o bloco de maior recorrência a 300 ms, quanto para o de maior recorrência a 700 ms, foram encontrados efeitos estatisticamente significativos para o fator “Intervalo” ( $p < 0,001$  para ambos), para o qual os TR são menores nos intervalos mais longos (Figuras 3A e 3B). No caso do efeito principal do fator “tipo de estimulação” e suas interações, não foram observadas diferenças significativas.



**Gráfico 10.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função dos tipos de estimulação e intervalos pista-alvo. A Figura 14A mostra os resultados do bloco com maior probabilidade a 300 ms e a Figura 14B a 700 ms.

## 5.2. 2. Desenho Experimental 2

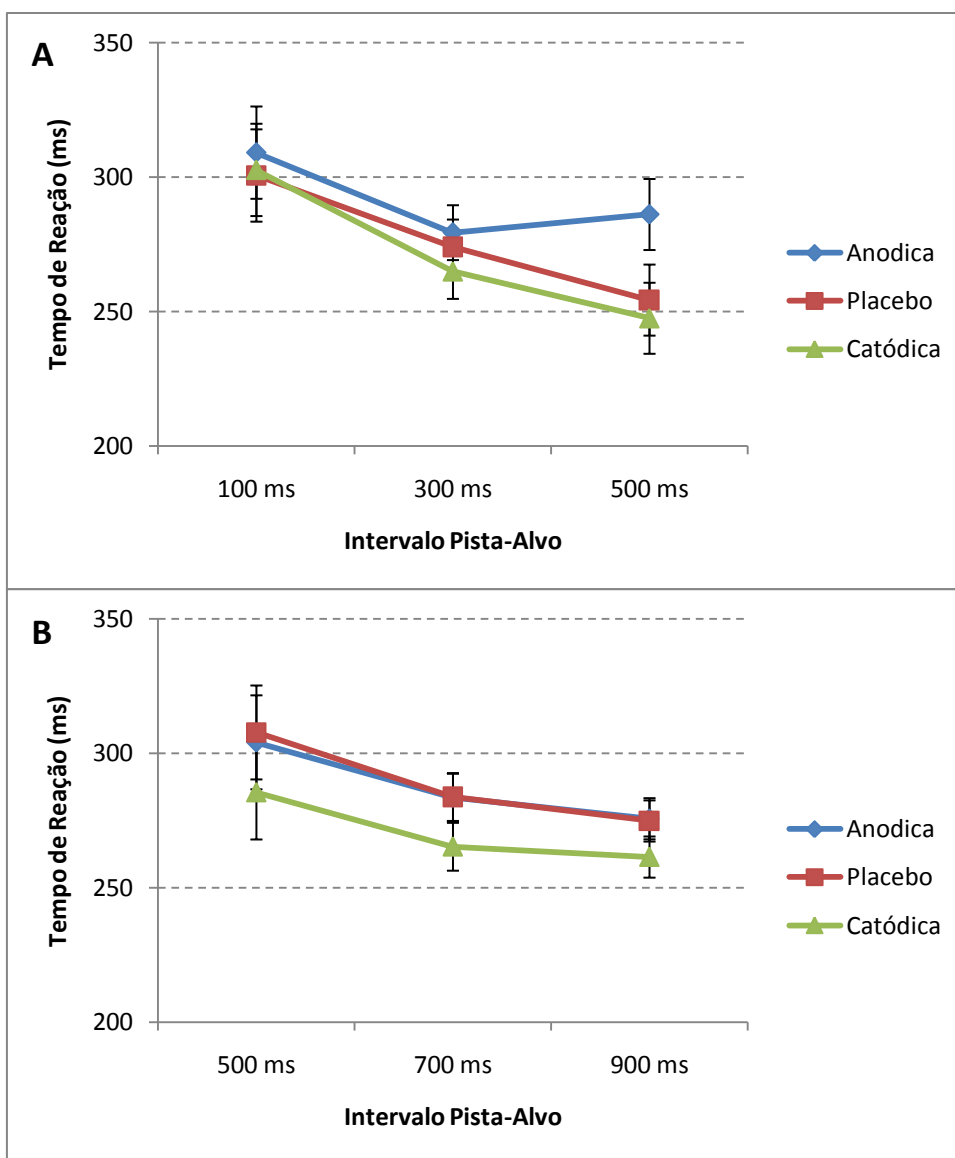
Participaram dezoito sujeitos, sendo que cada um foi submetido a uma sessão. Foram formados três grupos de seis sujeitos para cada tipo de condição de estimulação. As medianas dos TR para cada condição no Experimento 2 do desenho experimental 2 foram submetidas a duas ANOVA multifatoriais. A primeira (Tabela 12) compreendeu os seguintes fatores: “tipo de estimulação” (fator intergrupos), com 3 níveis (anódica, placebo e catódica); e “intervalo pista-alvo”, com três níveis (100, 300 e 500 ms). Nessa condição, o intervalo de 300 ms ocorria com maior frequência (70%). E a segunda análise (Tabela 13) compreendeu os seguintes fatores: “tipo de estimulação”, com 3 níveis (anódica, placebo e catódica); e “intervalo pista-alvo”, com três níveis (500; 700; 900 ms). Nessa condição, o intervalo de 700 ms ocorria com maior recorrência (70%).

**Tabela 12.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 100, 300 e 500 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 300 ms.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO	3870,0	2	1935,0	0,66	0,534
INTERVALO (100/300/500)	169E2	2	8426,0	34,79	<0,001*
ESTIMULAÇÃO*INTERVALO (100/300/500)	2098,0	4	525,0	2,17	0,097

**Tabela 13.** Resultados da ANOVA multifatorial com medidas repetidas para o Experimento II do bloco com intervalos de 500, 700 e 900 ms. Nesse caso havia maior probabilidade (70%) de os alvos aparecerem no intervalo de 700 ms.

Efeito	SS (Soma dos quadrados)	Grau de Liberdade	MS (Média Quadrática)	F	P
ESTIMULAÇÃO	3714,0	2	1857,0	1,024	0,383
INTERVALO (500/700/900)	7932,0	2	3966,0	9,417	0,001*
ESTIMULAÇÃO*INTERVALO (500/700/900)	126,0	4	31,0	0,075	0,989



**Gráfico 11.** Tempo de Reação em milissegundos (Média  $\pm$  EPM) em função dos tipos de estimulação e intervalos pista-alvo. A Figura 15A apresenta os resultados do bloco com maior probabilidade a 300 ms e a Figura 15B a 700 ms.

Tanto para o bloco de maior recorrência a 300 ms, quanto para o de maior recorrência a 700 ms, são observados efeitos estatisticamente significativos para o fator “intervalo” ( $p < 0,001$  para ambos), no qual os TR são menores para os intervalos maiores (Gráfico 11A e 11B). No caso do efeito principal do fator “tipo de estimulação” e suas interações, foram verificadas diferenças não significativas, especialmente para o bloco com intervalos 500/700/900. Entretanto, para o bloco com intervalos de 100/300/500, foi encontrada uma interação de dois níveis dos fatores “tipo de estimulação” e “intervalo pista-alvo”, com nível de significância  $p = 0,097$ . As diferenças foram examinadas mediante uma análise post-hoc utilizando o método Newman-Kewls, e foram observadas diferenças significativas para cada um dos intervalos (100, 300 e

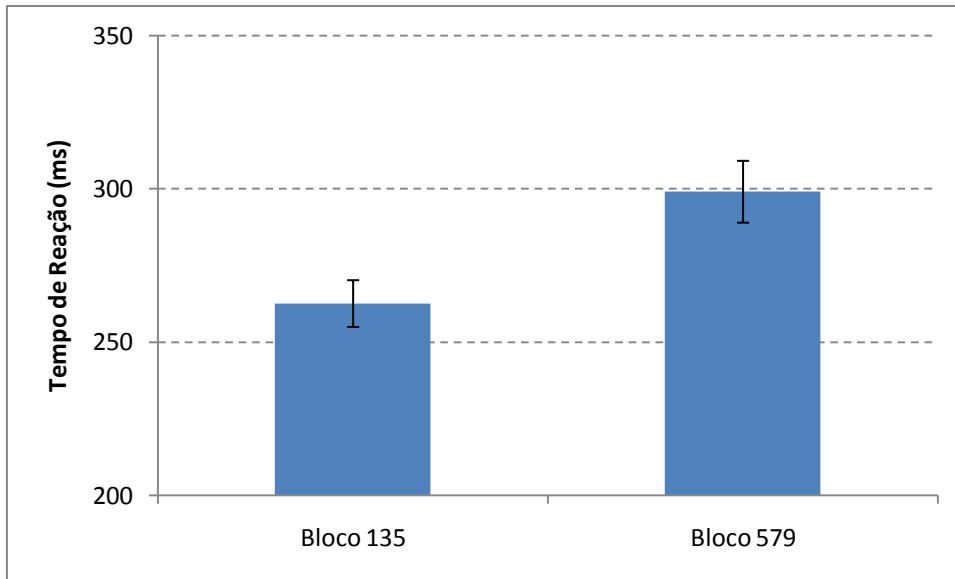
500) para as modulações catódica e placebo. Entretanto, no caso da estimulação anódica, há um aumento dos TR no intervalo menos recorrente (500 ms), o que, inclusive, não o diferencia estatisticamente do intervalo de 300 ms, como se pode ver nas outras condições de estimulação. Esse tipo de desenho é observado em outros experimentos que utilizam recorrência temporal para direcionar a atenção no tempo.

Silva e Carreiro (2009) analisaram a forma pela qual o controle da previsibilidade pode direcionar a atenção no tempo, estudando como o controle da recorrência temporal de um alvo poderia modular o tempo de reação. Os resultados obtidos por aqueles autores estão de acordo com os dados apresentados nos experimentos de Coull e colaboradores (2000), Nobre (2001) e Coull e Nobre (2008), os quais descrevem uma tendência dos participantes a responder mais rapidamente a alvos apresentados nos intervalos temporais indicados.

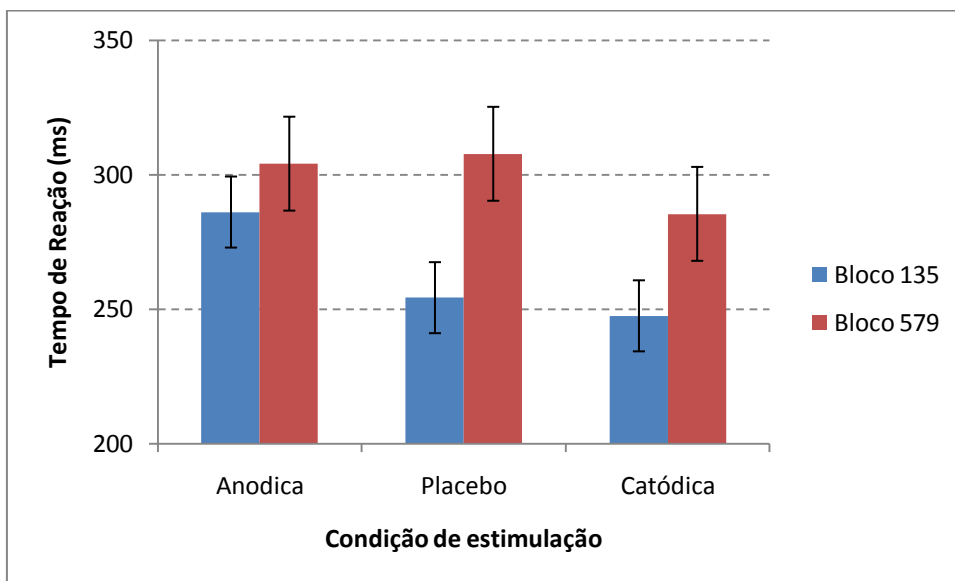
No caso das condições analisadas nessa dissertação, é possível sugerir que a estimulação anódica influenciou o direcionamento temporal da atenção no conjunto de intervalos mais curto (100/300/500) modulando de modo diferenciado os TR no intervalo menos recorrente (500 ms). Assim, é possível supor que a estimulação anódica possa tornar o direcionamento temporal mais eficaz.

Foi feita uma ANOVA adicional para comparar os TR no intervalo de 500 ms, o qual está presente nos dois blocos de testes do Experimento II, sendo o único intervalo que se repete. Em ambos os blocos ele é pouco recorrente (ou seja, probabilidade de 15%), sendo que em um ele é o intervalo mais longo e, no outro, o mais curto. Verificou-se um efeito principal ( $F(1,15)=14,820$ ,  $p=0,00157$ ) naqueles blocos (Gráfico 12) nos quais os TR são menores quando o intervalo de 500 ms é o último, em detrimento de quando ele é o primeiro. Isso se deve a um efeito de expectativa aumentada pela ocorrência do alvo. Tal fato demonstra, ainda, que os TR são dependentes do conjunto possível de intervalos temporais (e de sua distribuição sequencial) mais do que pelo intervalo em si. Quando se examina essa diferença em função do tipo de estimulação (anódico, placebo e catódico), observa-se interação não significativa ( $F(2, 15)=1,1759$ ,  $p=0,33544$ ). Contudo, há uma tendência ao aumento nos TR na condição anódica (Gráfico 13), provavelmente em função do intervalo de 500 ms que teve os TR aumentados.





**Gráfico 12.** Comparação dos Tempo de Reação em milissegundos (Média ± EPM) para o intervalo de 500 ms nos blocos 100/300/500 e 500/700/900.



**Gráfico 13.** Comparação dos Tempo de Reação em milissegundos (Média ± EPM) para o intervalo de 500 ms nos blocos 100/300/500 e 500/700/900, para cada uma das condições de estimulação (anódica, placebo e catódica).

### **5.3. Comparações dos números de erros**

Foram feitas também comparações dos números de erros em cada um dos experimentos. Não foram observadas diferenças significativas em relação aos números de erros, às antecipações ou às omissões/respostas lentas. Os experimentos executados nessa dissertação não foram planejados para produzir um número de erros significativo para análise. A expectativa era de que houvesse, no máximo, 5% de erros no total, e essa percentagem foi mantida por todos os participantes. Desse modo, não houve diferenças quanto aos tipos de erros em função dos fatores estudados.

### **5.4. Análise dos instrumentos AC, ASRS e Questionário de efeitos colaterais da ETCC**

Os instrumentos AC e ASRS tiveram por objetivo identificar possíveis comprometimentos que inviabilizassem a participação dos sujeitos no experimento. Não foram encontradas alterações no teste AC, nem relatos significativos de sinais de desatenção e hiperatividade no ASRS dos participantes deste estudo.

Em decorrência dos resultados do questionário de efeitos colaterais da ETCC, duas colaboradoras foram excluídas do estudo. Uma delas relatou sintomas de enxaqueca na segunda sessão, e a outra reportou sintomas de taquicardia logo nos primeiros segundos em que o aparelho de ETCC foi ligado. No caso da segunda colaboradora, é possível supor que a causa da taquicardia não tenha sido necessariamente a aplicação da ETCC, pois seu efeito não é imediato. É necessário um tempo de aplicação de 4 a 5 minutos para que o efeito modulatório da ETCC seja iniciado.

Com relação aos demais sujeitos que participaram deste estudo, foram descritos apenas sintomas de coceira e formigamentos, os quais desapareceram no decorrer do tempo de estimulação.

## 7. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo geral verificar como a atenção pode ser modulada a partir da aplicação da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) bilateral sobre o córtex pré-frontal dorsolateral, utilizando medidas de tempo de reação em tarefas de orientação temporal e espacial.

No caso do experimento que avalia o direcionamento voluntário espacial da atenção (Experimento I) no desenho experimental 1, do qual participaram 12 sujeitos durante 3 sessões, uma análise post-hoc revelou diferenças na condição válida para a estimulação anódica, que produziu TR menores em comparação à condição placebo. Nesse sentido, foi possível postular a existência de um efeito facilitador da ETCC anódica na modulação do CPFDL, o que gerou um impacto no direcionamento atencional, diminuindo os TR para a condição válida e produzindo, assim, um efeito oposto na condição inválida, na qual os TR foram maiores se comparados a ETCC placebo.

No caso do experimento que avalia o direcionamento voluntário temporal da atenção (Experimento II) no desenho experimental 1 não foram observadas diferenças significativas do fator “tipo de estimulação” e suas interações. Porém, no desenho experimental 2, verificou-se que, na modulação anódica, houve um aumento nos TR no intervalo menos recorrente de 500 ms, indicando que a ETCC anódica pode ter influenciado de modo mais efetivo o direcionamento atencional aos intervalos mais frequentes no caso do bloco com intervalos mais curtos (100, 300 e 500 ms). Assim, considerando as condições analisadas nessa dissertação, é possível sugerir que a estimulação anódica possa ter influenciado o direcionamento temporal da atenção no conjunto de intervalos mais curto (100/300/500), modulando de modo diferenciado os TR no intervalo menos recorrente de 500 ms. Assim, pode-se supor que a estimulação anódica pode tornar o direcionamento temporal mais eficaz.

De modo geral, o encaminhamento dessa dissertação, como estudo exploratório, contribuiu para compreensão da modulação atencional voluntária (temporal e espacial) sobre o TR nas diferentes condições de ETCC. Entretanto, algumas considerações sobre continuidades desse estudo devem ser feitas. A primeira delas se refere à necessidade de ampliação da amostra para obtenção de resultados com maior poder estatístico, uma vez que o número de fatores estudado é grande. Além

disso, outros desenhos experimentais que comparem estimulações bilaterais com unilaterais são necessários, visto que alguns dados da literatura apontam efeitos majoritários da atenção de um hemisfério sobre o outro. Ademais, outros parâmetros além do TR simples, como tarefas de detecção, TR de escolha, dentre outras opções, também poderão ser utilizados para ampliar o conhecimento da modulação da ETCC sobre o CPFDL e seu impacto sobre a atenção. Além disso, a busca por novos modelos que correlacionem os dados encontrados nos testes de tempo de reação com dados de estudos de neuroimagem e eletroencefalografia são necessários para compreensão da circuitaria neural associada ao processamento atencional.

## 8. REFERÊNCIAS

ACCORNERO, N.; VOTI, P.L.; RICCIA, M.; GREGORI, B.; Visual evoked potentials modulation during direct current cortical polarization. **Experimental Brain Research**, v.178, n.2, p. 261-266, 2006.

ANTAL, A.; KINCSES, T.Z.; NITSCHKE, M.A.; BARTFAI, O.; PAULUS, W. Excitability changes induced in the human primary visual cortex by transcranial direct current stimulation: direct electrophysiological evidence. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.45, n. 2, p. 702-707, 2004.

ARAUJO, R. R.; CARREIRO, L. R. R.. Orientação voluntária e automática da atenção e indicadores de desatenção e hiperatividade em adultos. **Avaliação Psicológica**, v.8, p. 325-336, 2009.

ARDOLINO, G.; BOSSI, B.; BARBIERI, S.; PRIORI A. Non-synaptic mechanisms underlie the after-effects of cathodal transcutaneous direct current stimulation of the human brain. **J Physiol.**, v. 568(Pt 2), p. 653-63, 2005.

ASPLUND, C.L.; TODD, J.J.; SNYDER, A.P.; MAROIS, R. A central role for the lateral prefrontal cortex in goal-directed and stimulus-driven attention. **Nat Neurosci.**, v. 13, n. 4, p. 507-12, 2010.

BALDO, M. V. C.; HADDAD JR., H.; CARREIRO, L. R. R. Spatial distribution of visual attention: Splitting or single gradient? **Annual Meeting of the International Society for Psychophysics**, v. 18, p. 42-56, 2002.

BEELI, G.; CASUTT, G.; BAUMGARTNER, T.; JÄNCKE, L. Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. **Behavioral and Brain Functions**, v. 4, p. 4-33, 2008.

BERGER, A.; HENIK, A.; RAFAL, R. Competition between endogenous and exogenous orienting of visual attention. **Journal of Experimental Psychology**, v. 134, p. 207-221, 2005.

BOGGIO, P.S.; CAMPANHÃ, C.; VALASEK, C.A.; FECTEAU, S.; PASCUAL-LEONE, A.; FREGNI, F.; Modulation of decision-making in a gambling task in older adults with transcranial direct current stimulation. **European Journal of Neurology**, v. 31, p. 593-597, 2010.

BOGGIO, P.S.; CARREIRO, L.R.R.; FREGNI, F.; Cortical stimulation with weak electrical currents for cognitive modulation in attention deficit hyperactivity disorder. **Medical Hypotheses**, v. 72, p. 613-614, 2009.

BOGGIO, P.S.; Efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua sobre a memória operacional e controle motor. Tese (Doutorado – Programa de pós-graduação em Psicologia) **Universidade de São Paulo**, São Paulo, p. 123, 2006.

BOGGIO, P.S.; ZAGHI, S. VILLANI, A.B.; FECTEAU, S.; PASCUAL-LEONE, A.; FREGNI, F. Modulation of risk-taking in marijuana users by transcranial direct current stimulation (tDCS) of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). **Drug and Alcohol Dependence**, v. 112, p. 220-225, 2010.

CARREIRO, L.R.R.; HADDAD J.R.; H.; BALDO, M.V.C.; The modulation of simple reaction time by the spatial probability of a visual stimulus. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 36, p. 907-911, 2003.

CORBETTA, M.; SHULMAN, G. L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. **Nat Rev Neurosci.**, v. 3, p. 201-215, 2002.

CORREA, A.; LUPIA, J.; TUDELA P. The attentional mechanism of temporal orienting: determinants and attributes. **Exp Brain Reserch**, v. 169, p. 58–68, 2006.

CORREA, A.; LUPIA, J.; MILLIKEN, B.; TUDELA, P. Endogenous temporal orienting of attention in detection and discrimination tasks. **Percept Psychophys**, v. 66, p. 264–278, 2004.

CORREA, A.; NOBRE, A. C. Spatial and temporal acuity of visual perception can be enhanced selectively by attentional set. **Exp Brain Reserch**, v. 189, p. 339–344, 2008.

COULL, J. T.; FRITH, C. D.; BUCHEL, C.; NOBRE, A. C. Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. **Neuropsychologia**, v. 38, p. 808-819, 2000.

COULL, J. T.; NOBRE, A. C. Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. **J Neurosci.**, v. 15, p. 7426-7435, 1998.

COULL, J.T. E NOBRE, A. C. Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. **Current Opinion in Neurobiology**, v.18, p.137-144, 2008.

COULL, J.T. fMRI studies of temporal attention: allocating attention within, or towards, time. **Cognitive Brain Reserch**, v. 21, p. 216–226, 2004.

COULL, J.T. fMRI studies of temporal attention: allocating attention within, or towards, time. **Cognitive Brain Reserch**, v. 21, p. 216–226, 2004.

COULL, J.T.; NOBRE, A.C. Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. **J. Neuroscience**, v. 18, p. 7426–7435, 1998.

DE VRIES, M.H.; BARTH, A.C.; MAIWORM, S.; KNECHT, S.; SWITSERLOOD, P.; FLÖEL, A. Electrical stimulation of Broca's area enhances implicit learning of an artificial grammar. **Journal of Cognitive Neuroscience**, V. 22, N. 11, P. 2427-2436, 2010.

DESIMONE, R.; DUNCAN, J. Neural mechanisms of selective visual attention. **Ann Rev of Neurosci.**, v. 18, p. 193-222, 1995.

DESIMONE, R.; DUNCAN, J.; Neural mechanisms of selective visual attention. **Annual Reviews of Neuroscience**, v. 18, p. 193-222, 1995.

DOHERTY, J.R.; RAO, A.; MESULAM, M.M.; NOBRE, A.C. Synergistic effect of combined temporal and spatial expectations on visual attention. **J Neurosci.**, v. 25, n. 36, p. 8259-66, 2005.

FECTEAU, S.; KNOCH, D.; FREGNI, F.; SULTANI, N.; BOGGIO, P.S.; PASCUAL-LEONE, A. Diminishing Risk-Taking Behavior by Modulating Activity in the Prefrontal Cortex: A Direct Current Stimulation Study. **The Journal of Neuroscience**, v. 27, p. 12500–12505, 2007.

FERRUCCI, R.; MAMELI, F.; GUIDI, I.; MRAKIC-SPOSTA, S.; VERGARI, M.; MARCEGLIA, S.; COGIAMANIAN, F.; BARBIERI, S.; SCARPINI, E.; PRIORI, A. Transcranial direct current stimulation improves recognition memory in Alzheimer disease. **Neurology**, v. 71, n. 7, p. 493-498, 2008.

FERTONANI, A.; ROSINI, S.; COTELLI, M.; ROSSINI, P.M.; MINIUSI, C. Naming facilitation induced by transcranial direct current stimulation. **Behavioural Brain Research**, v. 208, p. 311–318, 2010.

FLÖEL, A.; RÖSSER, N.; MICHKA, O.; KNECHT, S.; BREITENSTEIN, C. Noninvasive Brain Stimulation Improves Language Learning. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 20, n. 8, p. 1415-1422, 2008.

FREGNI, F.; BOGGIO, P.S.; NITSCHKE, M.; BERMPOHL, F.; ANTAL, A.; FEREDOES, E.; MARCOLIN, M.A.; RIGONATTI, S.P.; SILVA, M.T.A.; PAULUS, W.; PASCUAL-LEONE, A. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. **Exp. Brain. Res.**, v. 166, p 23-30, 2005.

GAWRYSZEWSKI, L. G.; CARREIRO, L. R. R. Mecanismos facilitatórios e inibitórios envolvidos com a orientação da atenção visual. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v. 50, p. 27-42, 1998.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. Atenção seletiva e orientação (Cap. 7) in: GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. Neurociencia Cognitiva: A Biologia Da Mente. Artmed, 2006.

GOODALE, M. A.; MILNER, A. D. Separate visual pathways for perception and action. **Trends Neurosci.**, v. 15, p. 20-25, 1992.

IYER MB, MATTU U, GRAFMAN J, et al. Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals. **Neurology**, v. 64, p. 872-875, 2005.



KANG, E.K.; BAEK, M.J.; KIM, S.; PAIK, N. Non-invasive cortical stimulation improves post-stroke attention decline. **Restorative Neurology and Neuroscience**. v. 27, p. 647-652, 2009.

Klein, R. M. Inhibition of return. **Cognitive Science**, v. 4, p. 138-147, 2000.

KNUDSEN, E. I. Fundamental components of attention. **Annual Reviews of Neuroscience**, v. 30, p. 57-78, 2007.

LUIZZI, G.; FREUNDLIEB, N.; RIDDER, V.; HOPPE, J.; HEISE, K.; ZIMMERMAN, M.; DOBEL, C.; ENRIQUEZ-GEPPERT, S.; GERLOFF, C.; ZWITSERLOOD, P.; HUMMEL, F.C. The Involvement of the Left Motor Cortex in Learning of a Novel Action Word Lexicon. **Current Biology**, v. 20, p. 1745–1751, 2010.

MACEDO, E.C.; BOGGIO, P. S. Novas tecnologias para reabilitação neuropsicológica-pg. 399, in FUENTES *et.al.* **Neuropsicologia, teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

MACEDO, L. F. R.; SILVA, F. C.; MARINO, R. L. F.; CARREIRO, L. R. R. Efeito de diferentes intervalos temporais sobre a sustentação da atenção. In: XXIV Reunião Anual da FeSBE - FeSBE 2009, 2009, Águas de Lindóia. **Caderno de Resumos do XXIV Reunião Anual da FeSBE**, 2009.

MATTOS, P.; SEGENREICH, D.; SABOYA, E.; LOUZÃ, M.; DIAS, G.; ROMANO, M. Adaptação transcultural para o português da escala Adult Self-Report Scale para avaliação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) em adultos. **Revista de psiquiatria clínica**, v. 33, n. 4, 2006.

MINIUSSI, C.; CAPPA, S.F.; COHEN, L.G.; FLÖEL, A.; FREGNI, F.; NITSCHKE, M.A.; OLIVERI, M.; PASCUAL-LEONE, A.; PAULUS, W.; PRIORI, A.; WALSH, V. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation/transcranial direct current stimulation in cognitive neurorehabilitation. **Brain Stimulation**, v. 4, p. 326-336, 2008.

NAHAS, TR; XAVIER, GF. Neurobiologia da atenção visual. In: ANDRADE, VM; SANTOS, FH; BUENO, OFA (Org.). **Neuropsicologia Hoje**, Cap. 6 , p. 101-124, Artes Médicas, 2004.

NITSCHKE, M.A.; COHEN, L.G.; WASSERMANN, E.M. PRIORI, A.; LANG, N.; ANTAL, A.; PAULUS, W.; HUMMEL, F.; BOGGIO, P.S.; FREGNI, F.; PASCUAL-LEONE, A. Transcranial direct current stimulation: State of the Art 2008. **Brain Stimulation.**: n. 1, p. 206-223, 2008.

NITSCHKE, M.A.; LIEBETANZ, D.; ANTAL, A.; LANG, N.; TERGAU, F.; PAULUS, W. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation technical, safety and functional aspects. **Suppl. Clin. Neurophysiol.**: v. 56, p. 255-276, 2003.

NITSCHKE, M.A.; NIEHAUS, L.; HOFFMANN, K.T.; HENGST, S. LIEBETANZ, D.; PAULUS, W.; MEYER, B.U.; MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex. **Clin. Neurophysiol.**: n.115, p. 2419-2423, 2004.

NOBRE, A. C. Orienting attention to instants in time. **Neuropsychologia**, v. 39, p. 1317-1328, 2001.

NOBRE, A. C.; SHAPIRO, K. L. Other dimensions of attention. **Neural Netw.**, v. 19, n. 9, p. 1450-2, 2006.

NOBRE, A.; CORREA, A.; COULL, J. The hazards of time. **Curr Opin Neurobiol.**, v. 17, p. 465-70, 2007.

NOUDOOST, B.; CHANG, M.H.; STEINMETZ, N.A.; MOORE, T. Top-down control of visual attention. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 20, n.2, p. 183-190, 2010.

PALMER, S. E. Vision science. **Cambridge: MIT Press**, 1999.

POSNER, M. I. Exploiting cognitive brain maps. **Brain Cogn**, v. 42, p. 64-67, 2000.

POSNER, M. I. The attention system of the human brain. **Annual Reviews Neuroscience**. v. 13, p. 25-42, 1990.

POSNER, M. I.. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 32, p. 03-25, 1980.

POSNER, M. I.; COHEN, Y. Components of visual orienting. **Attention and Performance X**, p. 531 556, 1984.

POSNER, M.I. **Chronometric Exploration of mind**. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1978.

POSNER, M.I.; RAICHLE, M.E.; **Images of mind**. New York: Scientific American Library, 1997.

PRADO, J.; CARP, J.; WEISSMAN, D.H. Variations of response time in a selective attention task are linked to variations of functional connectivity in the attentional network. **NeuroImage**, v.54, p. 541–549, 2011.

PRIORI, A.; HALLETT, M.; ROTHWELL, J.C. Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation? **Brain Stimulation**, v. 4, p. 241-245, 2009.

PRIORI, A.; MAMELI, F.; COGIAMANIAN, F.; MARCEGLIA, S.; TIRITICCO, M.; MRAKIC-SPOSTA, S.; FERRUCCI, R.; ZAGO, S.; POLEZZI, D.; SARTORI, G. Lie-specific involvement of dorsolateral prefrontal cortex in deception. **Cerebral Cortex**, v. 18, n. 2, p. 451-455, 2008.

SILTON, R.L.; HELLER, W.; TOWERS, D.N.; ENGELS, A.S.; SPIELBERG, J.M.; EDGAR, J.C.; SASS, S.M.; STEWART, J.L.; SUTTON, B.P.; BANICH, M.T.; MILLER, A.M. The time course of activity in dorsolateral prefrontal cortex and anterior cingulate cortex during top-down attentional control. **NeuroImage**, v. 50, p. 1292–1302, 2010.

SILVA, F. C.; CARREIRO, L. R. R. Análise da Dinâmica Temporal da Orientação da Atenção e o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade em Adultos. **V Jornada de Iniciação Científica PIBIC/PIVIC Mackenzie**, v. 1, p. 1-24, 2009.

SILVA, F. C.; MACEDO, L. F. R.; ARAUJO, R. R.; CARREIRO, L. R. R. Previsibilidade como modo de orientação temporal da atenção. In: XXIV Reunião Anual da FeSBE - FeSBE 2009, 2009, Águas de Lindóia. **Caderno de resumos da XXIV Reunião Anual da FeSBE**, 2009.

SPARING, R.; DAFOTAKIS, M.; MEISTER, I.G.; HIRUGNANASAMBANDAM, N.; FINK, G.R. Enhancing language performance with non-invasive brain stimulation—

A transcranial direct current stimulation study in healthy humans. **Neuropsychologia**, V. 46, P. 261-268, 2008.

STEINMAN, S. B.; STEINMAN, B. A. Vision and attention. I: Current models of visual attention. **Optometry and Vision Science**, v. 75, p. 146-155, 1998.

STONE, D.B.; TESCHE, C.D. Transcranial direct current stimulation modulates shifts in global/local attention. **NeuroReport**. v.20, p. 1115–1119, 2009.

TERZUOLO, C.A.; BULLOCK, T.H. Measurement of imposed voltage gradient adequate to modulate neuronal firing. **Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America**, v. 42, n. 9, 1956.

TRIVIÑO, M.; CORREA, A.; ARNEDO, M.; LUPIÁÑEZ, J. Temporal orienting deficit after prefrontal damage. **A journal of neurology**, v. 133, p. 1173-1185, 2010.

WANG, L.; LIU, X.; GUISE, K.G.; KNIGHT, R.T.; GHAJAR, J.; FAN, J. Effective connectivity of the fronto-parietal network during attentional control. **J. Cognitive Neuroscience**, v. 22, p. 543–553, 2009.

## ANEXO I

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

Circle o local apropriado:

Pré- estimulação    Pós- estimulação

TDCS    rTMS

	1 – Nenhum
1 – Ausente	2 – Remoto
2 – Suave	3 – Possível
3 – Moderado	4 – Possível
4 - Severo	5 - 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 II

## Adult Self Report Scale (MATTOS et al, 2006)

Por favor, responda as perguntas abaixo se avaliando de acordo com os critérios do lado direito da página. Após responder cada uma das perguntas, circule o número que corresponde a como você se sentiu e se comportou nos últimos seis meses. Por favor, dê este questionário completo ao profissional de saúde para que vocês possam discutir na consulta de hoje.	Nunca	Raramente	Algumas vezes	Freqüentemente	Muito freqüentemente
1. Com que freqüência você comete erros por falta de atenção quando tem de trabalhar num projeto chato ou difícil?	0	1	2	3	4
2. Com que freqüência você tem dificuldade para manter a atenção quando está fazendo um trabalho chato ou repetitivo?	0	1	2	3	4
3. Com que freqüência você tem dificuldade para se concentrar no que as pessoas dizem, mesmo quando elas estão falando diretamente com você?	0	1	2	3	4
4. Com que freqüência você deixa um projeto pela metade depois de já ter feito as partes mais difíceis?	0	1	2	3	4
5. Com que freqüência você tem dificuldade para fazer um trabalho que exige organização?	0	1	2	3	4
6. Quando você precisa fazer algo que exige muita concentração, com que freqüência você evita ou adia o início?	0	1	2	3	4
7. Com que freqüência você coloca as coisas fora do lugar ou tem de dificuldade de encontrar as coisas em casa ou no trabalho?	0	1	2	3	4
8. Com que freqüência você se distrai com atividades ou barulho a sua volta?	0	1	2	3	4
9. Com que freqüência você tem dificuldade para lembrar de compromissos ou obrigações?	0	1	2	3	4
<b>PARTE A – TOTAL</b>					
1. Com que freqüência você fica se mexendo na cadeira ou balançando as mãos ou os pés quando precisa ficar sentado (a) por muito tempo?	0	1	2	3	4
2. Com que freqüência você se levanta da cadeira em reuniões ou em outras situações onde deveria ficar sentado (a)?	0	1	2	3	4
3. Com que freqüência você se sente inquieto (a) ou agitado (a)?	0	1	2	3	4
4. Com que freqüência você tem dificuldade para sossegar e relaxar quando tem tempo livre para você?	0	1	2	3	4
5. Com que freqüência você se sente ativo (a) demais e necessitando fazer coisas, como se estivesse "com um motor ligado"?	0	1	2	3	4
6. Com que freqüência você se pega falando demais em situações sociais?	0	1	2	3	4
7. Quando você está conversando, com que freqüência você se pega terminando as frases das pessoas antes delas?	0	1	2	3	4
8. Com que freqüência você tem dificuldade para esperar nas situações onde cada um tem a sua vez?	0	1	2	3	4
9. Com que freqüência você interrompe os outros quando eles estão ocupados?	0	1	2	3	4
<b>PARTE B – TOTAL</b>					

## ANEXO III

## Questionário de Avaliação geral

Nome \_\_\_\_\_

Data de Nascimento \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_\_\_

Sexo  M  FPrescrição de lentes corretivas  Sim  NãoHistórico de crises convulsivas  Sim  Não

Outros Problemas neurológicos

\_\_\_\_\_

Faz uso de medicamentos controlados  Sim  Não

Quais? \_\_\_\_\_

Lateralidade  Destro  CanhotoDependência Química  Sim  Não.

e-mail: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Celular: \_\_\_\_\_