

## Efeitos do treinamento com neurofeedback no tempo de reação: uma revisão sistemática

*Effects of neurofeedback training on reaction times: a systematic review*

Ruy Wanderley Neto, Erick Francisco Quintas Conde \*

Laboratório de Neurociência Cognitiva (LNeC - UFPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

### Resumo

O Neurofeedback é uma técnica de treinamento psicofisiológico não invasivo que estimula o desenvolvimento da autorregulação psíquica e neurofisiológica. Além de ser aplicada com eficiência no tratamento de diversas demandas clínicas, o treinamento com neurofeedback tem sido adotado para modulação funcional do cérebro. O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão sistemática de estudos que tenham investigado efeitos do neurofeedback através de testes com medidas de tempo de reação. As consultas foram realizadas no período entre março e junho de 2018 nas bases de dados Pubmed (*US National Library of Medicine*) e *Web of Science (Science Citation Index Expanded)*. Adotaram-se os seguintes descritores para a pesquisa ("neurofeedback") AND ("reaction time") AND ("cognitive" OR "cognition"). Após aplicação dos filtros para a seleção, foram encontrados 23 trabalhos, dentre os quais apenas 8 obedeceram aos critérios de elegibilidade. Alguns destes estudos mostram complexos delineamentos metodológicos. Verificou-se também que metade dos trabalhos validados se referem a adultos saudáveis, mas destaca-se também, em menor número, estudos com TDAH.

**Palavras chave:** Neurofeedback; tempo de reação; avaliação cognitiva.

### Abstract

*Neurofeedback is a non-invasive psychophysiological training technique that stimulates the development of psychic and neurophysiological self-regulation. In addition to being effectively applied in the treatment of various clinical demands, neurofeedback training protocols have been adopted for functional neuromodulation. The present study aims to carry out a systematic review of studies that have investigated neurofeedback effects through tests measuring reaction times. Consultations of the Pubmed (US National Library of Medicine) and Web of Science (Science Citation Index Expanded) databases were carried out between March and June of 2018. The following descriptors were used in the consultation: ("neurofeedback") AND ("reaction time") AND ("cognitive" OR "cognition"). After applying filters for the selection, 23 papers were found, of which only 8 met the eligibility criteria. Some of these studies present complex methodological delineations. Half of the validated papers were found*

---

\* R.W. Neto – E-mail: [ruywk@yahoo.com.br](mailto:ruywk@yahoo.com.br) ; E.F.Q. Conde – E-mail: [psicoerick@yahoo.com.br](mailto:psicoerick@yahoo.com.br)

*to refer to healthy adults, but it is worth highlighting studies with ADHD, even though those were found in a smaller number.*

**Keywords:** *Neurofeedback; reaction time; cognitive assessment.*

O Neurofeedback é uma técnica não invasiva de treinamento neurofisiológico que visa promover a autorregulação psicofisiológica (Angelakis, Hatzis, Panourias & Sakas, 2007; Myers & Young, 2012; Niv, 2013). Esse método é baseado no paradigma do condicionamento operante, que permite estabelecer voluntariamente o controle de padrões eletrocorticais em tempo real, estabelecendo uma interatividade entre o cérebro e o computador (Vasquez, Gadea, Garijo, Aliño & Salvador, 2015). As habilidades de autorregulação são desenvolvidas por meio da captação de sinais eletroencefalográficos (EEG) e convertidos em uma linguagem computacional, cujos sinais são retroalimentados ao sujeito através de uma dinâmica lúdica sob o formato de mídias audiovisuais ou jogos interativos (Ninaus et al., 2013; Sitaram et al., 2017).

Como principais efeitos do treinamento em controlar a própria atividade cerebral, observam-se modificações nos padrões das amplitudes de ondas treinadas e não treinadas (Angelakis et al., 2007; Niv, 2013), neuroplasticidade em circuitos específicos (Ros et al., 2009; Sitaram et al., 2017), bem como melhorias em estados cognitivos, emocionais e mudanças de comportamento (Heinrich, Gevensleben & Strehl, 2007; Hammond, 2011; Ros et al., 2013; Vasquez et al., 2015).

Dessa forma, diversos estudos têm sustentado a consolidação do neurofeedback (NFT) como uma modalidade terapêutica não invasiva que possibilita a modulação de padrões de atividade neuronais (Myers & Young, 2012; Sitaram et al., 2017), emergindo, assim, diversas aplicações no âmbito clínico (Masterpasqua & Healey, 2003; Hammond, 2011; Ninaus et al., 2013; Gruzelier, 2014) e também para ampliar habilidades cognitivas e melhorar a qualidade de vida (Vernon et al., 2003; Doppelmayr & Weber, 2011; Gruzelier, 2014).

Historicamente, diversos autores têm demonstrado a importância do NFT para a potencialização de funções cognitivas humanas (Doppelmayr & Weber, 2011; Gruzelier, 2014). Em 2001, Egnér & Gruzelier demonstraram correlações positivas entre aumento do ritmo sensorio motor (SMR) e o desempenho atencional na performance musical de uma população de estudantes de música. Estes sujeitos, 22 anos de média de idade, apresentaram ganhos atencionais em tarefas de processamento inibitório com estímulos auditivos (do tipo Go/No-Go), visuais de desempenho contínuo e redução de erros de comissão quando submetidos ao Teste de Variáveis de Atenção (TOVA). Já Vernon e colaboradores (2003) registraram efeitos positivos do treino com NFT no desempenho cognitivo em 30 estudantes de medicina, saudáveis, com média de idade de 22 anos. Os voluntários treinaram 8 sessões reforçando o aumento seletivo de SMR e a redução de beta e teta na região central do escalpo (Cz). As avaliações foram feitas através de tarefa de desempenho contínuo computadorizada (CPT) e tarefa de tempo conceitual. Os resultados mostraram uma melhoria na precisão do processamento atencional após 8 sessões de treinamento.

O desempenho cognitivo tem sido experimentalmente estudado através de diferentes protocolos com medidas de tempo de reação (TR) (Gawryszewski et al., 2006; Machado-Pinheiro et al., 2010; Hommel, 2011). No entanto, apenas poucos estudos têm comprovado os efeitos do treinamento com NFT no tempo de reação em tarefas cognitivas. Dentre algumas exceções, o trabalho de Doppelmayr e Weber (2011) investigou três grupos, SMR, TBR e controle. O primeiro treinou o aumento da amplitude de SMR (12-15 Hz); o segundo, a razão entre teta/beta (teta: 4.5–7.5 Hz, beta: 17–21 Hz); o terceiro grupo recebeu NFT com

frequências variadas e instruções diferentes, todos os dias. O objetivo foi verificar, em 30 sessões, se esses protocolos seriam capazes de influenciar o desempenho no EEG e em testes de reação simples, de reação de escolha e de rotação visuoespacial. Como resultado, apenas o grupo SMR foi capaz de obter modulações no EEG, conseguindo aumentar a amplitude de SMR, além de melhoras significativas na tarefa de tempo de reação simples e na tarefa de rotação visuoespacial, diferenciando-se dos outros dois grupos. O estudo demonstrou que o protocolo SMR tem influência positiva em processos cognitivos específicos.

Diante dessa lacuna, o presente trabalho pretende buscar por estudos mais atuais que tenham avaliado os efeitos do treinamento com NFT no tempo de reação.

## Métodos

### Indexadores

A consulta foi feita aos bancos de dados indexadores Pubmed (*US National Library of Medicine*) e *Web of Science (Science Citation Index Expanded)*, realizada entre março e junho de 2018, e considerados os seguintes descritores para a pesquisa: (“neurofeedback”) e (“reaction time”) e (“cognitive” ou “cognition”).

### Critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão adotados foram: trabalhos originais publicados no período de janeiro de 2011 a junho de 2018; estudos cujo o protocolo de treinamento de neurofeedback utilizado seja de natureza não invasiva; trabalhos que tenham avaliado o desempenho cognitivo através de testes de tempo de reação para verificação de efeitos do treinamento com neurofeedback; disponibilidade da publicação em formato integral; trabalhos publicados em inglês. Por sua vez, para os critérios de exclusão, consideramos que trabalhos de revisão sistemática, meta-análises e estudos teóricos não deveriam integrar nosso banco de dados.

Para efeito da amostragem final, as informações consideradas relevantes foram: autores, ano da publicação, informações sobre a amostra, métodos de treinamento de NFT (protocolos e número de sessões), instrumentos de avaliação cognitiva baseados no paradigma de tempo de reação; e principais resultados encontrados.

Adotou-se a seguinte sequência no processo de amostragem: 1) inserção dos descritores nas bases de dados escolhidas; 2) exclusão de estudos duplicados; 3) leitura dos resumos e observação da pertinência dos critérios de elegibilidade; 4) aquisição da publicação completa nas bases de dados; 5) nova avaliação para eventual exclusão de revisões, meta-análises e estudos teóricos; 6) leitura dos artigos selecionados; 7) conclusão da amostra final.

Uma tabulação dos estudos selecionados por meio de documento Excel foi gerada, onde nela foram descritos os tópicos: título, ano, autores, participantes, protocolo do experimento, objetivos, resultados, base de dados e link para acesso. Este documento serviu para catalogar e dar clareza as informações necessárias a esta revisão.

A elaboração desta revisão segue o padrão recomendado pela Plataforma Prisma (Moher et al., 2009), assim também a elaboração do fluxograma representado na Figura 1, com as respectivas fases da revisão sistemática.

## Resultados e discussão

A análise feita permitiu observar que dos 23 artigos, 15 foram encontrados no indexador *Pubmed* (*US National Library of Medicine*) e 8 no *Web of Science* (*Science Citation Index Expanded*), tendo sido observado que apenas 3 constam em ambas as bases de dados.

A maior parte dos artigos inicialmente encontrados não se enquadraram nos critérios estabelecidos, apenas 8 cumpriram os parâmetros de elegibilidade, sendo a ausência da intervenção de NFT e/ou dos instrumentos de avaliação do tipo tempo de reação as condições de exclusão mais constatadas. Na base de dados *Pubmed*, foram excluídos 6 artigos pela ausência de treinamento com NFT, embora o termo esteja descrito em alguns textos. Fato este também observado em 3 trabalhos indexados na base *Web of Science*. Houve ainda uma ocorrência desta em comum a ambas as bases. Por outro lado, no que se refere ao critério de exclusão por ausência de instrumentos de medidas de tempo de reação, encontraram-se 2 no banco de dados *Pubmed* e uma no *Web of Science*.

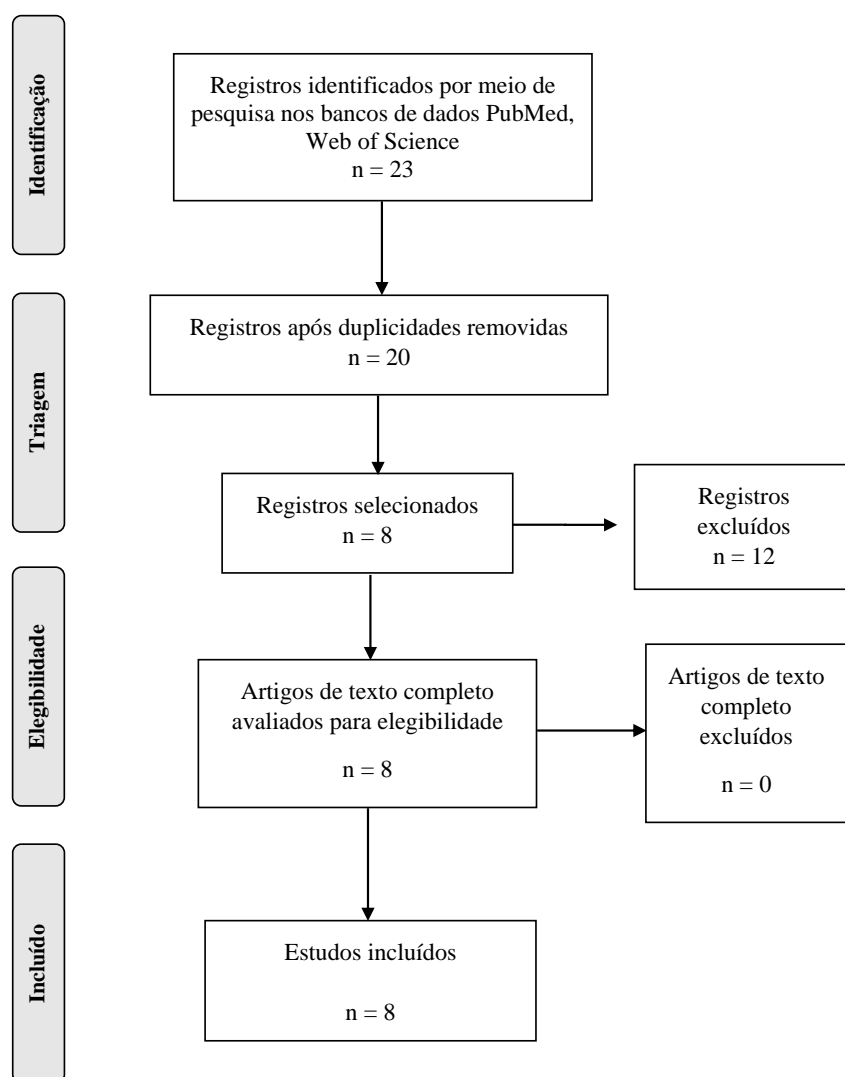


Figura 1 – Diagrama de fluxo das diferentes fases da revisão sistemática

A Figura 2 demonstra a distribuição dos trabalhos por ano de publicação, tanto para os excluídos como para os validados.

Destacamos que quatro autores trabalharam com adultos saudáveis como amostras populacionais, totalizando a metade dos estudos realizados.

Na faixa de tempo estabelecida para a inclusão dos trabalhos, o mais antigo foi o de Enriquez-Geppert et al. (2013), que aplicaram o protocolo de NFT visando aumento de teta na área do córtex fronto-medial em 16 participantes, tendo como controle um outro grupo de 15 sujeitos que receberam pseudo NFT. A média de idade foi de 25 anos. Para a avaliação, utilizaram tarefa visual alfanumérica que consistiu em classificar par ou ímpar, vogais ou consoantes, em função da cor de fundo apresentada; tarefa de *stop signal* e teste de Stroop. Os resultados evidenciaram eficácia na modulação de teta no grupo experimental em comparação com os controles, embora os tempos de reação nas tarefas não tenham apresentado diferença significativa entre os grupos. Outro dado importante foi a descoberta que incrementos no volume de matéria cinzenta na região dorsal do córtex podem ter ocorrido como resultado do treinamento de NFT implementado.

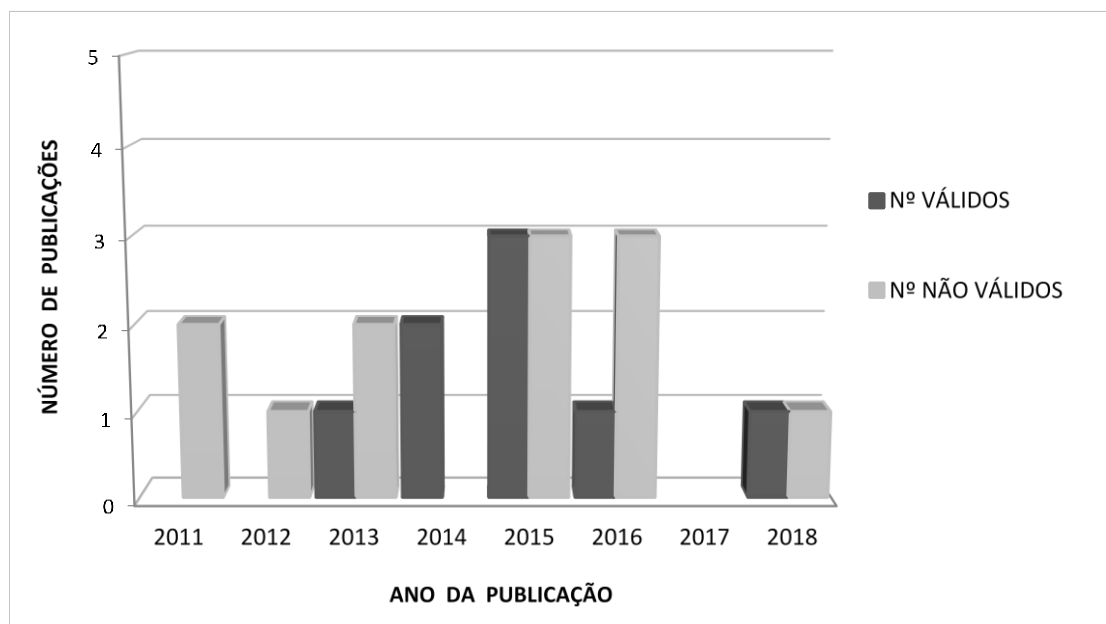


Figura 2 – Número de publicações por ano, nos últimos 8 anos.

Ros, Munneke, Parkinson e Gruzelier (2014) avaliaram 10 adultos saudáveis com média de idade próxima de 36 anos. Estes pesquisadores propuseram um protocolo de sessão única, com duração de 30 minutos, visando a redução do SMR no córtex motor direito (C4 no sistema 10-20). Logo após, os participantes desempenharam uma tarefa de tempo de reação serial (SRTT) com a mão não dominante, como avaliação cognitiva. Foi verificada a redução do tempo de reação entre os blocos experimentais numa condição comparativa de “cross-over” com sujeitos controle. A conclusão foi de que o NFT pode ser aplicado com êxito em sessão única como facilitador antecipado de desempenho motor.

Outro trabalho selecionado foi o de Getter, Kaplan e Todder (2015). Eles pesquisaram 12 indivíduos com idade média de 38 anos aplicando tarefa de rotação mental e tarefa *stop signal* em uma sessão de NFT com a técnica de tomografia eletromagnética de baixa resolução (do inglês *Low Resolution Electromagnetic Tomography* - sLORETA). Observaram que, após o treinamento, os tempos de reação diminuíram significativamente em ambos os testes. Em complemento, os autores informaram ainda que houve uma maior precisão no teste de rotação mental, mas este dado não se repetiu no teste *stop signal*.

Por sua vez, Scharnowski et al. (2015) desenvolveram estudos com 7 adultos entre 23 e 26 anos empregando um protocolo de ressonância magnética funcional (fMRI) na área motora suplementar (SMA) e no córtex para-hipocampal (PHC) para treinar.

Neste estudo, encontrou-se outra modalidade de intervenção neuromodulatória integrativa, as técnicas de NFT e fMRI. Diferente das abordagens tradicionais de NFT, o modelo sugerido pelos autores visou o treinamento da retenção voluntária dos níveis da atividade regional localizada (ROI) antes da oferta do estímulo. Para tal, utilizaram um segundo feedback, direcionado a outra ROI, gerando um controle bidirecional para treinar simultaneamente as áreas SMA e PHC.

O instrumento empregado foi um teste de tempo de reação baseado em sequências efetoras bimanuais a partir de estímulos auditivos. Encontraram correlação negativa significativa entre a atividade autorregulada na SMA e os tempos de reação, este fato demonstra que o aumento voluntário da atividade na SMA pode levar a redução nos tempos de reação.

Os demais trabalhos encontrados constituíram-se pesquisas com crianças. Sokhadze et al. (2014) realizaram um estudo com 42 crianças diagnosticadas (DSM-IV-TR) com Transtorno do Espectro Autista (TEA), sendo 38 com diagnóstico de autismo e 4 com Síndrome de Asperger. O trabalho investigou os efeitos de um experimento original de neuromodulação na área pré-frontal dorso lateral, através de uma intervenção integrada que combinou Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e NFT com o objetivo de aumentar os padrões gama (35 a 45 Hz). 22 crianças formaram o grupo controle (WTL) e 20 o grupo experimental (EMT-NFT), sendo estes submetidos a 18 sessões de 25 a 30 minutos cada. O grupo WTL foi composto em função da disponibilidade dos responsáveis pelas crianças e da escolha de um dos outros protocolos de tratamento disponíveis (12 sessões de 1,0 Hz TMS sem NFT, 18 sessões de 0,5 Hz TMS sem NFT, 18 sessões de NFT sem TMS, *Berard's Auditory Integration Training*, dentre outros). Para a avaliação cognitiva do efeito do protocolo, foi utilizado um teste de potencial relacionado ao evento (ERP): uma tarefa excêntrica de três estímulos com figuras de Kanizsa. Os resultados apontaram melhoria no nível de atenção e redução da sobre-reatividade, em relação aos alvos. Houve também redução significativa nos erros das respostas motoras, assim como reduções nos comportamentos estereotipados. Isso indicou melhoria no funcionamento executivo e nos sintomas comportamentais no autismo.

Bakhtadze, Beridze, Geladze, Khachapuridze e Bornstein (2016) estudaram 69 crianças entre 9 e 12 anos, portadoras do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) com presença ou não de epilepsia do lobo temporal (ELT). Destes, o grupo controle foi formado por 26 crianças com TDAH e sem ELT que não receberam NFT. Dois grupos foram submetidos ao NFT: o primeiro foi formado por 18 crianças com TDAH; e o segundo, composto por 25 crianças foi subdividido: 16 com epilepsia do lobo temporal mesial, sendo 9 com esclerose hipocampal e 7 com atrofia hipocampal; e 9 com epilepsia do lobo temporal lateral, 5 com displasia do lobo temporal, 3 com cistos do lobo temporal e 1 com cavernoma do lobo temporal. O objetivo foi avaliar a flexibilidade cognitiva daquelas crianças. Para tanto, os participantes foram submetidos a 30 sessões de NFT. Índices de erro e tempos de reação foram as medidas avaliadas através do Trail Making Test Part B, num comparativo pré e pós treinamento de NFT. A conclusão foi de que os tempos de reação diminuíram e o número de erros melhoraram significativamente nos grupos experimentais à exceção do grupo com atrofia hipocampal.

Em 2016, de Ruitter e colaboradores publicaram estudo envolvendo, inicialmente, 82 crianças portadoras de tumor cerebral pediátrico (PBTS). Para a triagem randomizada, 80

permaneceram, sendo que 71 concluíram o experimento e 68 participaram de nova avaliação após 6 meses. Metade destes participantes receberam o treino de NFT, que foi feito com eletrodo posicionado em Cz, em 30 sessões de duração de 30 minutos totais, subdivididos em 10 blocos de 3 minutos cada. A outra metade foi submetida a NFT placebo. Os protocolos foram estabelecidos por 3 condições: 1) reforço de beta 1 (15–20 Hz) quando a potência  $\beta_1 < 1$  e desvio padrão (DP) estivesse abaixo da média da idade; 2) reforço de SMR (12–15 Hz), e simultaneamente inibição de beta1 quando a potência de  $\beta_1 > 1$  e o DP estivesse acima da média normativa, sendo também  $SMR < 1$  e DP acima da média normativa; 3) inibição de beta1 no caso de fusos beta, ou se  $\beta_1 > 1$  com DP acima da média normativa e  $SMR > 1$  com DP acima da média normativa. Vários testes para avaliação cognitiva foram empregados neste estudo, para nosso interesse consideramos o teste *stop signal* e a tarefa de rede de atenção (ANT), por mensurarem tempos de reação. Verificou-se variações significativas na velocidade de processamento no *stop signal* e na ANT,  $p < 0,001$  em ambos. Não obstante as melhorias significativas reveladas por escores também de outros testes avaliativos, os autores assumiram que a pesquisa não é conclusiva para se atribuir as melhorias aos protocolos de NFT aplicados. Justificaram que outros fatores podem ser também possíveis responsáveis por estas alterações, por exemplo, os intervalos com olhos fechados por 1 minuto após cada treino de 3 minutos. Consideraram que essa prática pode ter favorecido com um caráter não intencional de *mindfulness*, estimulando uma melhoria do funcionamento comportamental e psicossocial. Em adição, argumentam também que o tempo entre as avaliações pode ter contribuído, pelo processo natural de amadurecimento.

O mais recente dos trabalhos encontrados nesta revisão foi o de Geladé e colaboradores (2018). Estes pesquisadores avaliaram 92 crianças, entre 7 e 13 anos, diagnosticadas com TDAH. Foi feito um estudo comparativo entre grupos; um recebeu NFT, outro foi submetido à prescrição de metilfenidato (MPH), e um terceiro realizou prática de atividades físicas (PA), como condição de controle semi-ativa. O protocolo de NFT utilizado foi a inibição de teta e o aumento de beta no ponto Cz, em 30 sessões com duração de 20 minutos cada. Entre outros, considerou-se como instrumento de avaliação as medidas de tempo de reação através de teste *stop signal*. A conclusão que os pesquisadores apontaram foi que na comparação entre grupos, logo após o período do tratamento, o MPH apresentou menos sintomas de desatenção, impulsividade e hiperatividade do que o grupo NFB, contudo, no follow-up essa diferença desapareceu. Entretanto, deve-se ressaltar que o grupo MPH mostrou uma capacidade de controle inibitório mais rápida do que o grupo NFT ( $P = 0,018$ ), enquanto que na comparação entre NFT e PA não foi observada variação considerável. Já no follow-up, o grupo NFT foi mais rápido que o grupo PA.

Na tabela 1, encontra-se um resumo dos principais parâmetros do interesse deste estudo de revisão.

Nas análises pertinentes à nossa revisão sistemática, observou-se que foram inúmeros os protocolos de NFT utilizados nos delineamentos das pesquisas. Como exemplo o aumento de teta na região frontal medial, no estudo de Enriquez-Geppert *et al.* (2013); a formação SMR, constituída pela inibição de teta, aumento de SMR e beta no sítio Cz, presente em muitos outros estudos anteriores (Egner & Gruzelier, 2001; Vernon *et al.*, 2003). Detectou-se também uma proposta de integração entre técnicas diferentes, como no caso de Sokhadze *et al.* (2014), que combinou Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) e NFT.

Verificou-se também que nos instrumentos de avaliação por tempo de reação, os testes de *stop signal* foram os mais frequentes (Enriquez-Geppert *et al.*, 2013; Getter *et al.*, 2015; de Ruiter *et al.*, 2016; Geladé *et al.*, 2018).

Autor/ano	N	Protocolo NFT	Instrumento utilizado	Resultados
Enriquez-Geppert et al. (2013)	31 adultos saudáveis	Aumento de teta na região frontal medial	Tarefa visual alfanumérica; tarefa de <i>stop signal</i> e teste de Stroop.	Eficácia na modulação de teta por treinamento de NFT em 8 sessões. TRs não apresentaram alterações significativas.
Ros et al. (2014)	10 adultos saudáveis	Redução de SMR no córtex motor direito (C4)	Tarefa do tempo de reação serial (SRTT)	Uma única sessão NFT pode facilitar a aquisição antecipada de uma tarefa motora procedural. Efeitos NFT podem ser explorados imediatamente após sessões individuais de treinamento, aumentando o desempenho comportamental e o aprendizado.
Sokhadze et al. (2014)	42 crianças com Transtorno do Espectro Autista	Estimulação magnética transcraniana repetitiva de baixa frequência (EMT) combinada com neurofeedback para aumentar gama na região pré frontal	Teste de reação Kanizsa - Kanizsa quadrado (alvo), Kanizsa triângulo (não alvo), quadrado não Kanizsa, e triângulo não-Kanizsa	O grupo EMT-NFB mostrou melhorias significativas nos resultados comportamentais e funcionais em comparação ao grupo WTL
Bakhtadze et al. (2016)	69 crianças com TDAH e ELT	30 sessões (5 por semana) em duas fases: 1ª) aumento de SMR em Cz; 2ª fase: reduzir teta e aumentar fgty78 g8beta em Cz.	Trail Making Test (TMT)	NFT mostrou melhorias no desempenho e velocidade no TMT, verificados já na segunda sessão. NFT pode ser considerado opção de tratamento alternativo para crianças com TDAH, mesmo até para as que apresentam ELT.
Getter et al. (2015)	12 adultos sadios, média de 38 anos	1 sessão NFT sLORETA	Tarefa de rotação mental e teste <i>stop signal</i>	Após treinamento sLORETA houve diminuição significativa do tempo de reação e aumento na precisão na tarefa de rotação mental, mas não na tarefa <i>stop signal</i> .
Scharnowski et al. (2015)	7 adultos entre 23 e 26 anos	fMRI na área motora suplementar e no córtex para-hipocampal	Teste do tempo de reação em sequências efetoras bimanuais acionadas a partir de tons de áudio	Diminuição dos tempos de reação e influência específica na codificação da memória.
de Ruiter et al. (2016)	82 crianças portadoras de tumor cerebral pediátrico (PBTS)	Três condições: a) aumento de beta; b) aumento de SMR e redução de beta; c) diminuição de beta	Tarefa de <i>stop signal</i>	Nenhum efeito específico do tratamento do NF no funcionamento neurocognitivo em PBTS
Geladé et al. (2018)	92 crianças entre 7 e 13 anos com diagnóstico de TDAH (DSM-IV-TR)	Treinamento teta / beta (reduzir beta e aumentar teta) em Cz	Tarefas de memória excêntrica auditiva, <i>stop signal</i> e memória visual espacial	Na comparação entre MPH, NFT e PA, no teste <i>stop signal</i> verificou-se melhores tempos no grupo NFT do que no PA. Menor desatenção, hiperatividade e impulsividade no NFT do que no PA (com medicação controlada)

Tabela 1

*Protocolos de NFT e instrumentos utilizados nos estudos*

Outro fator interessante identificado foi que metade dos trabalhos teve como voluntários adultos acima dos 25 anos, outros 3 artigos avaliaram crianças e apenas um teve



uma parte de sua amostra populacional composta por adolescente, o estudo de Sokhadze et al. (2014). Registra-se, portanto, o fato de se observar o baixo índice de trabalhos com populações na faixa da adolescência e na população idosa. Tal fato pode estar associado a algumas variáveis, inferimos que o escopo desta revisão, pelos parâmetros de filtragem adotados, pode não ter possibilitado uma maior inclusão desse tipo de amostras.

Outrossim, achamos relevante uma reflexão citada no trabalho de de Ruitter et al. (2016) que diz respeito a uma variável relativa aos protocolos de NFT, o estabelecimento do limiar do feedback. Estes pesquisadores inferiram que estabelecer um limiar em 80% pode ser um nível demasiado difícil e, portanto, desmotivador para a aprendizagem. Esta parece ser uma temática ainda pouco explorada, mas que pode ter alguma implicação nos efeitos do treinamento. Portanto, algo que pode ser objeto de maior amplitude nas investigações.

Constatou-se também que o TDAH continua sendo assunto de interesse constante na trajetória das pesquisas com NFT. Remotamente, vários autores se dedicam a esse tema, como as pesquisas iniciais de Lubar e Shouse (1976), depois os estudos de Monastra (2005), Levesque e Beauregard (2011), dentre outros.

Tendo em vista a importância da temática abordada nesta revisão, esperamos que o presente trabalho possa contribuir com informações referentes aos aspectos investigados, possibilitando a divulgação de conhecimentos sobre estudos que envolvem NFT, cognição e instrumentos de avaliação baseados em tempo de reação.

## Referências

Angelakis, E., Hatzis, A., Panourias, I. G., & Sakas, D. E. (2007). Brain-computer interface: a reciprocal self-regulated neuromodulation. In *Operative Neuromodulation* (pp. 555-559). Springer, Vienna.

Bakhtadze, S., Beridze, M., Geladze, N., Khachapuridze, N., & Bornstein, N. (2016). Effect of EEG biofeedback on cognitive flexibility in children with attention deficit hyperactivity disorder with and without epilepsy. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 41(1), 71-79.

Doppelmayer, M., & Weber, E. (2011). Effects of SMR and theta/beta neurofeedback on reaction times, spatial abilities, and creativity. *Journal of Neurotherapy*, 15(2), 115-129.

de Ruitter, M. A., Oosterlaan, J., Schouten-van Meeteren, A. Y. N., Maurice-Stam, H., van Vuurden, D. G., Gidding, C., ... & Grootenhuis, M. A. (2016). Neurofeedback ineffective in paediatric brain tumour survivors: Results of a double-blind randomised placebo-controlled trial. *European Journal of Cancer*, 64, 62-73.

Egner, T., & Gruzelier, J. H. (2001). Learned self-regulation of EEG frequency components affects attention and event-related brain potentials in humans. *Neuroreport*, 12(18), 4155-4159.

Enriquez-Geppert, S., Huster, R. J., Scharfenort, R., Mokom, Z. N., Zimmermann, J., & Herrmann, C. S. (2013). Modulation of frontal-midline theta by neurofeedback. *Biological psychology*, 95, 59-69.

Gawryszewski, L. D. G., Lameira, A. P., Ferreira, F. M., Guimaraes-Silva, S., Conde, E. F. Q., & Pereira Jr, A. (2006). A compatibilidade estímulo-resposta como modelo para o estudo do comportamento motor. *Psicologia USP*, 17(4), 103-121.

Geladé, K., Janssen, T. W., Bink, M., Twisk, J. W., van Mourik, R., Maras, A., & Oosterlaan, J. (2018). A 6-month follow-up of an RCT on behavioral and neurocognitive effects of neurofeedback in children with ADHD. *European child & adolescent psychiatry*, 27(5), 581-593.

- Getter, N., Kaplan, Z., & Todder, D. (2015). Evaluating low-resolution tomography neurofeedback by single dissociation of mental rotation task from *stop signal* task performance. *Behavioural brain research*, 292, 470-477.
- Gruzelier, J. H. (2014). Differential effects on mood of 12–15 (SMR) and 15–18 (beta1) Hz neurofeedback. *International Journal of Psychophysiology*, 93(1), 112-115.
- Hammond, D. C. (2011). What is neurofeedback: An update. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 305-336.
- Heinrich, H., Gevensleben, H., & Strehl, U. (2007). Annotation: Neurofeedback—train your brain to train behaviour. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(1), 3-16.
- Hommel, B. (2011). The Simon effect as tool and heuristic. *Acta psychologica*, 136(2), 189-202.
- Lévesque, J., & Beauregard, M. (2011). Functional neuroimaging evidence supporting neurofeedback in ADHD. In *Neurofeedback and Neuromodulation Techniques and Applications* (pp. 353-439).
- Lubar, J. F., & Shouse, M. N. (1976). EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR). *Biofeedback and Self-regulation*, 1(3), 293-306.
- Machado-Pinheiro, W., Volchan, E., Vila, J., Dias, E. C., Alfradique, I., Oliveira, L. D., ... & David, I. A. (2010). Role of attention and translation in conflict resolution: implications for Stroop matching task interference. *Psychology & Neuroscience*, 3(2), 141-150.
- Masterpasqua, F., & Healey, K. N. (2003). Neurofeedback in Psychological Practice. *Professional Psychology: Research and Practice*, 34(6), 652.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Monastra, V. J. (2005). Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 14(1), 55-82.
- Myers, J. E., & Young, J. S. (2012). Brain wave biofeedback: Benefits of integrating neurofeedback in counseling. *Journal of Counseling & Development*, 90(1), 20-28.
- Ninaus, M., Kober, S. E., Witte, M., Koschutnig, K., Stangl, M., Neuper, C., & Wood, G. (2013). Neural substrates of cognitive control under the belief of getting neurofeedback training. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 914.
- Niv, S. (2013). Clinical efficacy and potential mechanisms of neurofeedback. *Personality and Individual Differences*, 54(6), 676-686.
- Ros, T., Moseley, M. J., Bloom, P. A., Benjamin, L., Parkinson, L. A., & Gruzelier, J. H. (2009). Optimizing microsurgical skills with EEG neurofeedback. *BMC neuroscience*, 10(1), 87.
- Ros, T., Théberge, J., Frewen, P. A., Kluetsch, R., Densmore, M., Calhoun, V. D., & Lanius, R. A. (2013). Mind over chatter: plastic up-regulation of the fMRI salience network directly after EEG neurofeedback. *Neuroimage*, 65, 324-335.
- Ros, T., Munneke, M. A. M., Parkinson, L. A., & Gruzelier, J. H. (2014). Neurofeedback facilitation of implicit motor learning. *Biological psychology*, 95, 54-58.
- Scharnowski, F., Veit, R., Zopf, R., Studer, P., Bock, S., Diedrichsen, J., ... & Weiskopf, N. (2015). Manipulating motor performance and memory through real-time fMRI neurofeedback. *Biological psychology*, 108, 85-97.
- Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., ... & Birbaumer, N. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(2), 86.

Sokhadze, E. M., El-Baz, A. S., Tasman, A., Sears, L. L., Wang, Y., Lamina, E. V., & Casanova, M. F. (2014). Neuromodulation integrating rTMS and neurofeedback for the treatment of autism spectrum disorder: an exploratory study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 39(3-4), 237-257.

Vasquez, M., Gadea, M., Garijo, E., Aliño, M., & Salvador, A. (2015). Effects of assisted training with neurofeedback on EEG measures, executive function and mood in a sample from normal population. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 31(1), 317-323.

Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A., & Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International journal of psychophysiology*, 47(1), 75-85.