

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas
Especialização em Neurociências e Suas Fronteiras

Alex Sousa Fraga

**O *BIOFEEDBACK* COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DESEMPENHO
COGNITIVO OU MOTOR:
uma revisão narrativa dos estudos não-clínicos realizados no Brasil**

Belo Horizonte
2022

Alex Sousa Fraga

**O BIOFEEDBACK COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DESEMPENHO
COGNITIVO OU MOTOR:
uma revisão narrativa dos estudos não-clínicos realizados no Brasil**

Versão final

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Minas Gerais, como parte das exigências
para a obtenção de título de especialista
em Neurociências.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Val Barreto

Belo Horizonte
2022

043

Fraga, Alex Sousa.

O biofeedback como ferramenta de auxílio ao desempenho cognitivo ou motor: uma revisão narrativa dos estudos não-clínicos realizados no Brasil [manuscrito] / Alex Sousa Fraga. – 2022.

36 f.: il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Val Barreto.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte das exigências para a obtenção de título de especialista em Neurociências.

1. Neurociências. 2. Neuroretroalimentação. 3. Biorretroalimentação Psicológica. 4. Desempenho Psicomotor. 5. Desenvolvimento cognitivo. I. Barreto, Gustavo de Val. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 612.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA DO ALUNO

ALEX SOUSA FRAGA

Realizou-se, no dia 25 de fevereiro de 2022, às 15:00 horas, Sala Virtual, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 225ª defesa de monografia, intitulada *O BIOFEEDBACK COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DESEMPENHO COGNITIVO OU MOTOR: uma revisão narrativa dos estudos não-clínicos realizados no Brasil.*, apresentada por ALEX SOUSA FRAGA, número de registro 2020682995, graduado no curso de MÚSICA, como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em NEUROCIÊNCIAS E SUAS FRONTEIRAS, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Gustavo de V Barreto - Orientador (Centro universitário UNA), Prof(a). Renato Tocantins Sampaio (UFMG), Prof(a). Guilherme Menezes Lage (UFMG).

A Comissão considerou a monografia:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 25 de fevereiro de 2022.

Nilda Lucas Laurindo - Secretário(a)

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Prof(a). Gustavo de Val Barreto (Doutor)

Prof(a). Renato Tocantins Sampaio (Doutor)

Prof(a). Guilherme Menezes Lage (Doutor)



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo de Val Barreto, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 19:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Tocantins Sampaio, Professor do Magistério Superior**, em 15/03/2022, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Menezes Lage, Chefe de departamento**, em 05/05/2022, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1262273** e o código CRC **COBE0F31**.

Resumo

O *biofeedback* é um treinamento que aumenta a consciência corporal e mental de um indivíduo baseado em alguma evidência mensurável por equipamentos eletrônicos. Situado tanto no campo das práticas integrativas e complementares em saúde quanto da biotecnologia, os diversos protocolos de treinamento em *biofeedback* sugerem que a exposição a um estímulo visual ou auditivo faz com que o indivíduo possa aumentar o seu controle sobre determinado processo. Apesar da pesquisa sobre aplicações não-clínicas do *biofeedback* estarem em alta em outros países desde os anos 80, esse tipo de estudo só começou a ter mais atenção no Brasil a partir de 2016. A presente revisão tem como objetivo compreender as lacunas deixadas por tal defasagem, apontando limitações e diferentes possibilidades para a pesquisa em *biofeedback* associado à melhora no desempenho realizada no Brasil. Dentre os potenciais benefícios desse tipo de intervenção, destaca-se a melhora nas habilidades não verbais, concentração, memória visual, diminuição de alguns tipos de erros, redução do estresse geral, maior autoconfiança e qualidade de vida; melhora na percepção de ansiedade, maior conforto e melhor desempenho em atividades motoras. A comparação com estudos no exterior sugere que existem tipos de estudo e de protocolos de biofeedback que ainda não estão sendo explorados no Brasil, além de apontar para a possibilidade da realização de experimentos com grupos amostrais mais abrangentes.

Palavras-chave: biofeedback; performance; desempenho motor; desempenho cognitivo.

Abstract

Biofeedback consists of an evidence-based training where the individual consciously enhances body and mental awareness through the use of technology. This technique combines concepts from complementary and alternative medicine and from biotechnology, and the training protocols available suggests that audio and or vídeo estimulations enable an individual to increase his control over the same process. Even though research on the topic has been increasing since the 80s, non-clinical studies using biofeedback only started to gain more attention in Brazil in 2016. This narrative review aims to understand this research gap, while also indicating limitations and different possibilities to Brazilian research in biofeedback that is associated with performance enhancement. Among the benefits of the different types of intervention are the enhancement of non-verbal skills, focus, visual memory and decrease of mistakes, decrease of global stress, increase in self-confidence and quality of life, in anxiety awareness, and better performance and comfort when performing motor tasks. The comparison with studies published in other countries suggest that there are types of study and biofeedback protocols that are virtually unexplored in Brazil. Foreign literature also proves that it is possible to conduct studies with larger groups.

Keywords: biofeedback; performance; motor performance; cognitive performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de seleção de artigos.	16
Gráfico 1 - Número de participantes nos trabalhos analisados	22
Gráfico 2 - Número de sessões de intervenção nos trabalhos analisados	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos sobre <i>biofeedback</i> e desempenho cognitivo ou motor publicados no Brasil	17
Tabela 2 - Trabalhos sobre <i>biofeedback</i> e desempenho cognitivo ou motor publicados fora do Brasil	18
Tabela 3 - Dados gerais dos trabalhos analisados	119
Tabela 4 - Exemplos de protocolos experimentais de <i>neurofeedback</i>	24

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BFB	Biofeedback
EMG	Eletromiografia
EEG	Eletroencefalografia
GSC	Galvanic skin conductance (resistência galvânica da pele)
HEG	Hemoencefalografia
HRV	Heart rate variability (variabilidade de frequência cardíaca)
NFB	Neurobiofeedback

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Vantagens do <i>biofeedback</i>	13
2 MÉTODO	14
2.1 Pesquisa bibliográfica	15
2.2 Critérios de elegibilidade	15
2.3 Análises de Dados	16
3 RESULTADOS	16
3.1 Comparação entre os dados gerais dos sete trabalhos brasileiros	19
3.2 Metodologia das pesquisas analisadas	20
3.3 Diferenças entre os tipos de <i>biofeedback</i>	23
3.4 Diferenças entre os instrumentos utilizados	25
3.5 Análise individual dos trabalhos	26
4 DISCUSSÃO	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Biofeedback, feedback biológico ou sistema de retroalimentação sensorial consiste no monitoramento em tempo real das reações mentais ou corporais de determinado indivíduo juntamente com a sua representação visual ou auditiva a fim de desenvolver determinada habilidade (Strack & Sime 2011, p. 24). Situado tanto no campo das práticas integrativas e complementares em saúde quanto da biotecnologia, os seus protocolos de treinamento sugerem que a visualização de um determinado processo biológico faz com que o indivíduo possa aumentar o seu controle sobre esse processo (Shaffer & Moss, 2014). Os diferentes tipos de *biofeedback* podem ser estudados separadamente, mas existem pesquisas como as de Kuczynski (2016) e Mello (2017) que apontam para a possibilidade de combinarem-se mais de um tipo.

Muitas vezes a prática do *biofeedback* utiliza de interfaces em computadores que transformam o processo de aprendizado em um jogo onde o participante é recompensado cada vez que se aproxima mais do resultado ideal. Um exemplo são as intervenções de *neurofeedback*: após uma avaliação inicial o paciente é submetido a sessões de treinamento onde as ondas cerebrais - que nada mais são do que a medição dos potenciais de ação dos neurônios em diferentes regiões do escalpo - são monitoradas pelo eletroencefalograma (EEG) e utilizadas para controlar determinada ação ou som em um software específico (Appolinário, 2001, p. 51). Por exemplo, o aumento da atividade em determinada banda de frequência pode alterar a velocidade de um carro em um jogo de corrida. De acordo com a avaliação e objetivo do treinamento, determinadas bandas de frequência no EEG são privilegiadas, para que ao longo da intervenção o indivíduo consiga controlar conscientemente a atividade do próprio cérebro. Consequentemente, é possível alcançar uma alteração específica no comportamento, como a manutenção do foco e atenção por um período mais longo de tempo.

As técnicas de *biofeedback* exploram, portanto, o mecanismo de recompensa cerebral através de sinais auditivos ou visuais. Quando o estímulo desejado (no caso do exemplo do *neurofeedback*, o aumento na atividade de determinada região cerebral) é associado a um reforço positivo como um sinal sonoro prazeroso ou aumento na velocidade em um jogo de corrida, o indivíduo tem um aumento de dopamina no cérebro. A dopamina, que é produzida em grande parte na área tegmentar ventral, é transportada pelas vias dopaminérgicas até o núcleo accumbens, região tida como o centro de prazer cerebral (Castro, 2004, p. 52). Ao longo das sessões o paciente constrói uma memória dessas sensações, podendo ser capaz de recriá-las

fora do contexto de intervenção. O guia do aprendizado, nesse caso, passa a ser os sinais sonoros ou visuais emitidos pelo software, e não apenas a subjetividade das sensações ou emoções, como muitas vezes ocorrem em determinadas abordagens pedagógicas.

Dentre os diversos tipos de *biofeedback*, destacam-se o *neurofeedback*, que utiliza eletroencefalogramas ou hemoencefalografia para monitorar a atividade cerebral (Appolinário, 2001 e Kuczynski, 2016), o *biofeedback* por eletromiografia, que analisa a ativação muscular em um músculo ou região do corpo específica (Amorim, 2018), o feedback por medição da resposta galvânica da pele e pela variabilidade do ritmo cardíaco (Silva, 2016 e Rabelo, 2018). Na área da pesquisa, esses tipos de medição têm sido combinados também com outras intervenções, como por exemplo o atendimento psicológico, já que tornam possível a visualização do grau de agitação física e mental do indivíduo em tempo real. Foi através desses tipos de exames que a ciência passou a investigar os benefícios de atividades mentais como a meditação. Um exemplo da combinação das duas práticas (*biofeedback* e meditação) é o trabalho de Perry (2018), que examinou os efeitos do treinamento em mindfulness com o auxílio do *biofeedback* em 4 participantes. As possibilidades de combinações entre diferentes tipos de intervenções são inúmeras, o que reforça a necessidade de uma revisão do atual cenário de pesquisa.

McKee (2008, p.32) divide o aprendizado obtido por meio do *biofeedback* em dois modelos: direto e para controle de estresse. O modelo direto consiste em um uso mais livre do equipamento, onde o indivíduo recebe apenas explicações sobre o seu funcionamento e explora as possibilidades de aplicação ou os caminhos para o resultado desejado de forma mais independente. Já no controle de estresse há uma abordagem psicoterapêutica envolvida, onde o equipamento de *biofeedback* é apenas uma ferramenta de auxílio. Será notado, ao longo deste trabalho, como há uma predominância - principalmente no Brasil - de pesquisas embasadas no uso do *biofeedback* através do modelo de controle de estresse. McKee (2008, p.32) usa ainda a analogia de um espelho para explicar o funcionamento dos treinamentos. Os aparelhos, como um espelho, apenas mostram o que o indivíduo normalmente não consegue ver ou medir. A partir daí é possível identificar o problema e medir a melhora com precisão. Ele destaca, porém, que existe uma dificuldade na avaliação da efetividade desse tipo de treinamento. Além de ser algo extremamente individualizado, existem muitas variáveis que vão além do treinamento em si, como a familiaridade dos participantes com a habilidade trabalhada, a influência dos ambientes que elas frequentam, entre outros.

As aplicações do *biofeedback* vão desde a reabilitação motora de pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC) até o controle da ansiedade em jogadores de futebol. Mello (2017) combinou o feedback de variação do ritmo cardíaco com a medição da resposta galvânica da pele para otimizar a performance de cobreadores de pênalti. Já Nelson (2007), investigou o passado e as possibilidades futuras de aplicações de *biofeedback* em pacientes que sofreram AVC. Mais recentemente, os princípios do *biofeedback* têm sido usados na reabilitação como parte da programação de exoesqueletos robóticos que auxiliam a movimentação e gradualmente aumentam a autonomia do indivíduo (Saita, 2018). Outros possíveis usos são o tratamento de ansiedade, asma, enxaqueca, incontinência urinária, reabilitação motora, desempenho cognitivo e esportivo (Shaffer & Moss, 2014, p. 2; Saita, 2018; Mello, 2017).

1.1 Vantagens do *biofeedback*

Em algumas situações, as próprias percepções do indivíduo são distorcidas pela sua posição no espaço ou suas próprias experiências. No campo da psicologia, fenômenos como a tendência à confirmação (Shatz, 2020), que consiste na tendência de filtrar ou favorecer as informações que confirmam nossas próprias opiniões prévias exemplificam como a autoavaliação nem sempre é a melhor fonte de informações a respeito do próprio desempenho. Já em habilidades motoras, o estudo clássico de Skinner de 1948 é provavelmente o exemplo mais conhecido de como comportamentos supersticiosos podem ser criados (nesse caso, por pombos) mesmo que esses hábitos não tenham nenhuma relação com o resultado desejado. Skinner constatou que os animais tendem a repetir os movimentos que estavam executando logo antes de serem alimentados, o que estaria associado com um tipo de comportamento supersticioso. Esses comportamentos, conseqüentemente, afetam diretamente o processo de tomada de decisão. Efung (2020, p. 2) destaca ainda outras situações que podem levar à distorção cognitiva, como o desempenho de mais de uma atividade simultaneamente, cansaço ou o princípio do menor esforço. Essa discussão tem permeado também o campo da neuroeconomia, já que campanhas de marketing frequentemente exploram contradições cognitivas para convencer as pessoas que elas precisam de determinados produtos. Em contrapartida, Efung discute como os mesmos princípios, se aplicados no campo do direito,

podem embasar leis que defendam os consumidores desse tipo de manipulação (Efing, 2020, p. 19).

No esporte, o ponto de vista de um treinador complementa a visão do atleta, já que o ângulo de visão e a atenção do esportista são limitados pelo desempenho da própria atividade física. Nesse sentido, as novas tecnologias complementam o processo de aprendizado, devido a sua capacidade de mostrar ou medir com precisão o que acontece dentro do corpo humano. No campo da performance musical as informações advindas da eletromiografia são muito mais confiáveis no que se refere à tensão de certos grupos musculares do que qualquer outro tipo de feedback, já que mostra em detalhe o grau de ativação de determinado grupo muscular. Um exemplo é o trabalho de Geová Amorim (2018), que utilizou o *biofeedback* eletromiográfico para auxiliar o desempenho de cantores com queixa de desconforto vocal. Esse tipo de refinamento do controle motor, conseqüentemente, afeta não apenas o controle técnico do instrumento musical (acurácia), mas também a qualidade sonora apresentada pelo músico.

Conclui-se, portanto, que o *biofeedback* pode auxiliar atividades motoras e cognitivas, oferecendo informações em tempo real sobre o corpo que podem ser moduladas e conseqüentemente refinar o desempenho. Porém existe uma defasagem entre os estudos publicados no Brasil e no exterior, não só referente a um atraso no início das pesquisas na área como também nos tipos de intervenções investigadas. A presente revisão pretende apontar tais lacunas, possibilitando que pesquisadores da área possam começar a preencher esses espaços em pesquisas futuras. Essa discussão é de especial interesse à área da psicologia do esporte, já que a maior parte das pesquisas que usam o *biofeedback* de forma não-clínica no Brasil e no exterior tem o desempenho esportivo como foco.

2 MÉTODO

A presente revisão seguiu os critérios apresentados pela escala SANRA de avaliação de revisões narrativas (Baethge, Goldbeck-Wood & Mertens, 2019). Trata-se de uma revisão narrativa que busca apresentar trabalhos realizados no Brasil onde o *biofeedback* foi utilizado para a melhora do desempenho cognitivo ou motor, categorias essas que foram sugeridas pelo próprio resultado das buscas. Considerando a diversidade de métodos de *biofeedback* encontrados e sua aplicação em áreas muito diferentes entre si, não houve possibilidade de se

realizar uma revisão sistemática dos estudos. O presente trabalho foca justamente nessas diferenças, comparando-as com a literatura produzida fora do Brasil.

2.1 Pesquisa bibliográfica

A fim de encontrar os artigos publicados no Brasil sobre o tema proposto, foi realizada uma busca nas bases de dados, tais como SciELO, Portal de Periódicos e Catálogo de Teses da CAPES e Google Scholar, entre Abril e Maio de 2021. Inicialmente, os principais termos de pesquisa pesquisados foram “*biofeedback* performance”, “*biofeedback* desempenho” e “*neurofeedback*”, seguido dos termos “dança”, “esporte” e “música” com um filtro para trabalhos em português. Todos os trabalhos encontrados na SciELO foram inicialmente considerados, já que a pesquisa encontrou apenas 18 resultados. Os resultados no Google Scholar e Portal CAPES ultrapassaram 12 mil, portanto as palavras chaves utilizadas foram substituídas por tipos específicos de *biofeedback*, como HRV, EMG ou EEG, juntamente de alguma atividade motora relevante para a pesquisa.

2.2 Critérios de elegibilidade

Ainda assim, algumas pesquisas apontaram centenas de resultados. Os títulos dos trabalhos das dez primeiras páginas de resultados foram analisados em busca de trabalhos que se encaixassem nos seguintes critérios:

- 1) O trabalho trata de *biofeedback* especificamente, e não meramente do uso de sensores que também são usados no *biofeedback*;
- 2) O *biofeedback* era utilizado em uma aplicação não-clínica.

A partir de 13 trabalhos pré-selecionados, foi feita uma busca reversa nas bibliografias em busca de outras referências em português. Após uma análise inicial destes trabalhos, conclui-se que apenas 7 se encaixavam nos critérios da presente revisão, já que em alguns casos o *biofeedback* era usado no esporte para tratar alguma condição ou distúrbio vinculados à prática esportiva, e não ao desempenho em si.

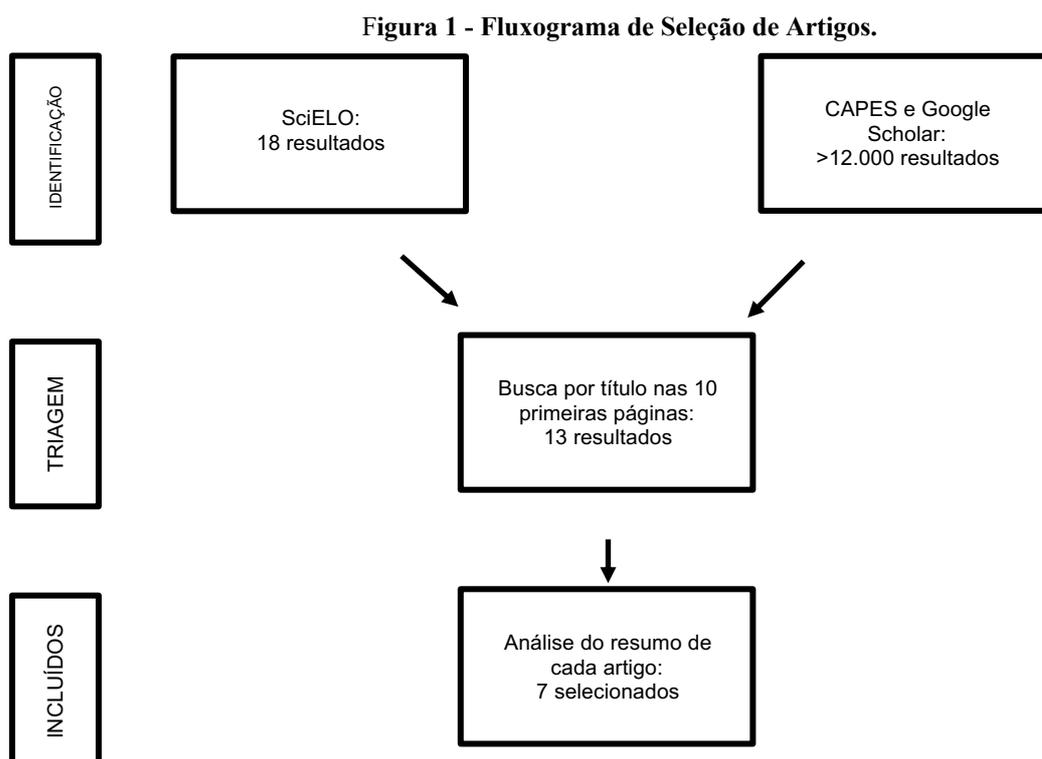
Devido à insuficiência das publicações em português sobre o assunto, buscou-se produções similares (na mesma área ou o mesmo tipo de pesquisa) em inglês. Pelo mesmo motivo, não houve restrição dos trabalhos quanto à data da publicação, fator que será discutido ao longo das análises dos resultados. A escolha dos trabalhos citados nesta revisão se baseou em três critérios principais. O primeiro, envolve a representatividade de diferentes tipos de *biofeedback* na revisão. O segundo tratou da representação de diferentes tipos de estudo, com a finalidade de ilustrar diferentes maneiras de estudar a influência que o *biofeedback* tem na habilidade estudada. Finalmente, buscaram-se estudos que trabalharam com um grupo amostral que de alguma forma divergiu do que foi encontrado no Brasil.

2.3 Análises de Dados

Os dados fornecidos pelas pesquisas selecionadas, como dados demográficos, informações sobre a publicação e instrumentos utilizados, foram organizados em tabelas e gráficos para facilitar a visualização de padrões e sua discussão.

3 RESULTADOS

A Figura 1 abaixo corresponde às etapas de busca e seleção dos artigos discutidos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Foram analisados sete trabalhos brasileiros que investigaram o uso do *biofeedback* associado a algum tipo de desempenho cognitivo ou motor. Cinco desses trabalhos consistem de teses de doutorado em diversas áreas, dois são estudos experimentais na área do esporte (Silva, 2016) e música (Rabelo, 2018). A Tabela 1 abaixo apresenta os sete trabalhos por ordem cronológica.

Tabela 1 - Trabalhos Sobre *Biofeedback* e Desempenho Cognitivo ou Motor Publicados no Brasil

Ano	Título	Autor
2001	Avaliação dos Efeitos do Treinamento em Neurofeedback sobre o Desempenho Cognitivo de Adultos Universitários	APPOLINÁRIO
2010	Tendências do Neurofeedback em Psicologia: revisão sistemática	DIAS
2011	Estudo Comparativo da Capacidade de Contração do Assoalho Pélvico em Atletas de Voleibol e Basquetebol	REIS
2016	O Emprego do Biofeedback como Estratégia de Manejo do Estresse e da Ansiedade em Atletas: um Ensaio Clínico	SILVA
2016	Efeitos do Treinamento Psiconeurofisiológico nos Indicadores de Estresse em Atletas de Voleibol	KUCZYNSKI
2017	A Redução do Estado de Ansiedade dos Cobradores de Pênalti no Futebol	MELLO
2017	Biofeedback Cardiovascular: impacto do treinamento da variação da variabilidade de frequência cardíaca sobre variáveis psicofisiológicas e desempenho esportivo	PAULA
2017	Efeito da terapia vocal associada ao biofeedback eletromiográfico em mulheres com disfonia comportamental: ensaio clínico randomizado, controlado e cego	RIBEIRO
2018	A Eficácia do Biofeedback HRV na Redução da Ansiedade de	RABELO

Performance Musical: um estudo inicial

2018 Evidências Clínicas do Uso de Biofeedback Eletromiográfico para Cantores com Queixa de Desconforto Vocal AMORIM

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Seguindo-se os mesmos critérios de pesquisa apresentados na metodologia, o número de resultados de publicações em inglês sobre o mesmo assunto foi muito grande e extrapola o escopo deste trabalho. Foram selecionadas apenas cinco pesquisas, de acordo com a sua relevância para os trabalhos brasileiros (os trabalhos de Gruzelier, 2006; 2014 e Raymond, 2005 foram citados pela maioria das pesquisas em português) ou por apresentarem uma abordagem diferente que pudesse complementar as pesquisas no Brasil (Lagos, 2008 e Pagaduan, 2020). Essas pesquisas estão apresentadas na Tabela 2 abaixo, também ordenadas de acordo com o ano de publicação:

Tabela 2 - Trabalhos sobre *Biofeedback* e Desempenho Cognitivo ou Motor Publicados Fora do Brasil

Ano	Título	Autor
2005	Biofeedback and Dance Performance: A Preliminary Investigation	RAYMOND
2006	Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance	GRUZELIER
2008	Heart Rate Variability Biofeedback as a Strategy for Dealing with Competitive Anxiety: A Case Study	LAGOS
2014	Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: State anxiety and creativity	GRUZELIER
2020	Can Heart Rate Variability Biofeedback Improve Athletic Performance? A Systematic Review	PAGADUAN

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A partir da seleção dos trabalhos, a análise foi feita inicialmente entre os trabalhos brasileiros, seguida pela discussão relativa às pesquisas estrangeiras.

3.1 Comparação entre os dados gerais dos sete trabalhos brasileiros

A tabela 3 abaixo apresenta a instituição, área de desempenho, tipo de *biofeedback* e idade dos participantes em cada um dos sete trabalhos brasileiros analisados, organizados de acordo com a data da publicação:

Tabela 3 - Dados Gerais dos Trabalhos Analisados

Autor e ano	Instituição	Tipo de desempenho	Tipo de biofeedback	Idade média dos participantes*
Appolinário (2001)	USP	Cognição	EEG	25,7
Kuczynski (2016)	UFPR	Esporte	HRV e HEG	16
	UNIFES			
Silva (2016)	P	Esporte	HRV	22
Paula (2017)	UFPR	Esporte	HRV	14
Mello (2017)	USP	Esporte	HRV e GSC	15,5
Amorim (2018)	UFPE	Música	EMG	27,7
Rabelo (2018)	UFJF	Música	HRV	24,4

Legenda: EEG - *Neurofeedback* por eletroencefalograma; HEG - *biofeedback* por hemoencefalografia; GSC - *biofeedback* por condução galvânica da pele (*galvanic skin conductance*); EMG - *biofeedback* por eletromiografia; HRV - *biofeedback* por variabilidade de frequência cardíaca (*heart rate variability*). *Alguns autores trabalharam com amostras com pouca variabilidade (por exemplo Mello, que trabalhou com adolescentes de 15 e 16 anos) e não apresentaram a média de idade ao longo do trabalho. Nestes casos foi feito o cálculo baseado nas informações fornecidas pelos autores. Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Os dados demográficos dos sete estudos em português encontrados demonstram maior interesse na área a partir de 2016. Contraditoriamente, existe um único trabalho muito anterior (Appolinário, 2001) que apontou para o potencial do uso do *neurofeedback* através de eletroencefalografia no desempenho cognitivo. Isso demonstra como a área prioritária para as aplicações do *biofeedback* foi de fato a clínica, evidenciando uma defasagem nas pesquisas ocorridas no Brasil em comparação com outras partes do mundo.

Geograficamente, observa-se uma predominância de pesquisas realizadas no sudeste e sul do Brasil, totalizando 6 trabalhos. Apenas um deles (Amorim, 2018) foi realizado no nordeste. As regiões norte e centro-oeste seguem até a presente data sem nenhuma pesquisa onde o *biofeedback* foi empregado para fins não-clínicos. Uma possível causa para a má distribuição das pesquisas no território está no acesso aos equipamentos, que ainda chegam em altos preços no Brasil. Apesar dos exames utilizados no *biofeedback*, como eletroencefalografia e eletromiografia serem amplamente difundidos, o *biofeedback* depende também de softwares específicos desenvolvidos para cada tipo de treinamento. Cada software dialoga com um número limitado de sensores, muitas vezes trabalhando apenas com um ou dois fabricantes específicos. De todos os trabalhos analisados, apenas um utilizou equipamento criado e fabricado no Brasil. Paula (2017) investigou o uso do equipamento CardioEmotion, que trabalha com a variabilidade da frequência cardíaca, sobre variáveis psicofisiológicas e desempenho de atletas de basquete. Porém, por razões que serão discutidas na análise individual de cada estudo, não houve melhora no desempenho dos participantes.

Outra possível causa para a má distribuição da pesquisa nas diversas regiões do Brasil é a escassez de especialistas na área nas universidades brasileiras, que podem não estar homogêneamente distribuídos nas instituições de ensino.

Outro parâmetro que também está desequilibrado nas pesquisas encontradas é a área de desempenho pesquisada. Apenas um dos estudos (Appolinário, 2001) trata do uso do *biofeedback* aplicado à melhora do desempenho cognitivo de universitários. A maioria do material encontrado está ligado ao esporte, o que, apesar de também acontecer no exterior, acontece em menor grau. Além disso, esse desequilíbrio aponta para áreas ainda não exploradas por pesquisadores brasileiros, como a dança. Joshua Raymond e sua equipe (uma parceria entre a Universidade da Indonésia e a Universidade de Londres) realizaram em 2005 um estudo experimental que aplicou protocolos de treinamento em variabilidade de frequência cardíaca em estudantes de dança.

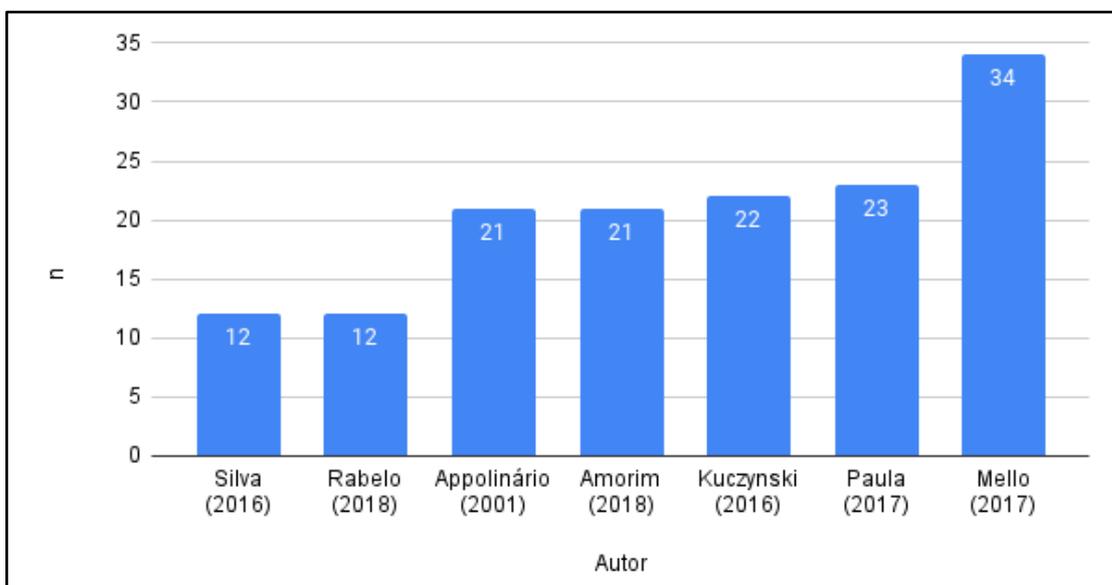
3.2 Metodologia das pesquisas analisadas

De forma geral pode-se afirmar que todos os trabalhos tiveram o foco no público jovem, já que a idade média de cada amostra variou apenas de 14 a 28 anos de idade. A intervenção com um público infantil é menos prática, já que na maior parte das vezes os protocolos de

treinamento utilizados não se adaptam bem para participantes muito jovens. Paula (2014), que foi o estudo que trabalhou com participantes com a menor média de idade, apontou a dificuldade dos participantes em entender os questionários que mediam as variáveis psicofisiológicas. Outro fator complicante são os próprios softwares utilizados no treinamento, já que os jogos desenvolvidos para crianças diferem-se dos utilizados em adultos. Isso não significa, entretanto, que o *biofeedback* não seja aplicável a crianças. Linden, Habib and Radojevic (1996), por exemplo, já demonstraram que esse tipo de intervenção pode auxiliar em pacientes com déficit de atenção e outros transtornos do aprendizado.

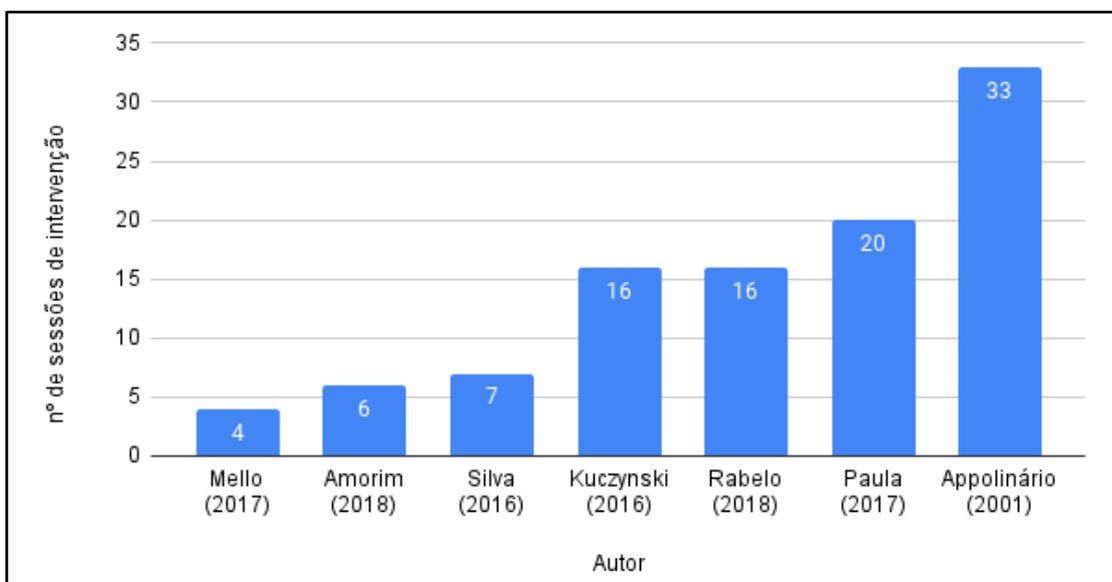
As duas variáveis metodológicas que apresentaram maior discrepância foram o número amostral e o número de sessões de intervenção. Ambas serão avaliadas simultaneamente, já que muitas vezes um número baixo de sessões de intervenção pode estar ligado à impraticidade da realização de muitas sessões com todos os participantes. Mello (2017), por exemplo, foi o trabalho que envolveu o menor número de sessões de treinamento em *biofeedback* (4), porém foi o trabalho que teve o maior número de participantes (34). Diferentemente de outros estudos na área da saúde, é impraticável realizar um número muito grande de sessões de intervenção com uma amostra muito grande de participantes, já que cada sessão envolve pelo menos 20 minutos de treinamento, além da preparação dos equipamentos. Estender a intervenção por vários meses aumenta drasticamente as chances de desistência, o que se torna um enorme ônus financeiro e de tempo de trabalho para as instituições de pesquisa. A maioria dos autores, por outro lado, concorda que uma amostra maior com um número maior de intervenções seria o ideal, já que isso pode garantir que os participantes desenvolvam as habilidades empregadas em cada tipo de *biofeedback* com maior consistência. Os Gráficos 1 e 2 mostram o número de participantes e de sessões para cada autor, respectivamente.

Gráfico 1 - Número de Participantes nos Trabalhos Analisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Gráfico 2 - Número de Sessões de Intervenção nos Trabalhos Analisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Dentre as diversas modalidades de *biofeedback*, observa-se uma predominância do uso da variabilidade de frequência cardíaca nos estudos realizados no Brasil. Cinco dos sete trabalhos analisados utilizaram esse tipo de protocolo, sendo essa a única categoria que foi utilizada em mais de um trabalho. Esse dado aponta para a necessidade de mais pesquisas com

outros tipos de *biofeedback*, já que cada um deles tem um potencial diferente de acordo com o tipo de desempenho analisado. Este desequilíbrio foi um dos grandes achados dessa revisão e deve ser levado em consideração para estudos posteriores.

3.3 Diferenças entre os tipos de *biofeedback*

Segundo Kuczynski (2016, p.51), no *biofeedback* por variabilidade de frequência cardíaca, sensores são colocados nos dedos ou no lobo auricular. Esse sensor capta a frequência cardíaca do indivíduo e transmite essa informação para um software específico. Já a variabilidade da frequência cardíaca é medida através da variação de intervalo de tempo entre cada batimento cardíaco durante um determinado período. A autora destaca que uma baixa variabilidade estaria associada a uma desordem no estado de humor ou ansiedade, enquanto a alta variabilidade está vinculada ao estado de bem-estar. Situações de estresse podem causar essa desordem, o que é evidenciado por uma ativação exacerbada da amígdala, região do cérebro responsável pela manutenção das funções autônomas do sistema nervoso e aumento nos níveis de cortisol e adrenalina (Taetero & Penney, 2015, p.179). Apesar do nome da intervenção estar vinculado ao ritmo cardíaco, a respiração também é uma medida relevante para esse tipo de *biofeedback*. Kuczynski (p. 52) destaca que, durante o treinamento, busca-se manter uma frequência ressonante de respiração (6 respirações diafragmáticas por segundo) em conjunto com um estado de tranquilidade mental, modulando assim a variabilidade de frequência cardíaca. O treinamento leva a um estado psicológico de atuação organizada do sistema emocional (sistema límbico), sistema nervoso autônomo, imunológico e hormonal. Além disso, observa-se o aumento dos níveis de oxigenação no córtex pré-frontal, o que favorece processos cognitivos.

Appolinário (2001) define o *neurofeedback* por eletroencefalografia como um processo psicofisiológico de aprendizagem por meio do qual o indivíduo obtém controle sobre a frequência de suas ondas cerebrais. Considerando as diversas funções de cada região do cérebro, o protocolo de intervenção leva em conta, entre outros fatores, o local de colocação dos eletrodos, o hemisfério cerebral a ser treinado, os ritmos (bandas de frequência) a serem reforçados ou suprimidos e a escolha do feedback fornecido (visual ou sonoro). As bandas de frequências correspondem às taxas de vibração do sinal elétrico captado pelo exame, que são

classificadas em quatro grandes grupos: delta, teta, alfa e beta. A título de exemplo, a Tabela 4 mostra como a intervenção pode mudar de acordo com o objetivo do treinamento:

Tabela 4 - Exemplos de Protocolos Experimentais de *Neurofeedback*

Objetivo	Tipo de Montagem	Posicionamento dos Eletrodos	Ritmo Reforçado	Ritmo Suprimido
Atenção (p. ex., DA/DAH) (4)	Monopolar	C3 (Ativo) A1 ou A2 (Indiferentes)	SMR (Beta Inferior)	Teta
Depressão (5)	Bipolar	F3 (Ativo) F4 (Ativo) CZ (Terra) A1 e A2 (Indiferentes)	Alfa (assimetria)	---
Desempenho Esportivo (2)	Bipolar	C3 (Ativo) C4 (Ativo) CZ (Terra) A1 e A2 (Indiferentes)	Alfa (coerência)	---
Desempenho Intelectual (3)	Monopolar	PZ (Ativo); Alternativas: P4 ou O2; A1 ou A2 (Indiferentes)	Alfa Superior (11-13 Hz)	---
Distúrbio Dissociativo (6)	Monopolar	Depende da Fase (ver nota em [6])	Idem	idem
Integração Funcional do SNC (7)	Monopolar	Depende da Fase (ver nota em [7])	Idem	Idem
Manejo do Stress (3)	Monopolar	Cz (Ativo) A1 ou A2 (Indiferentes)	Alfa	Beta
Relaxamento Profundo (2)	Monopolar	Cz (Ativo); A1 ou A2 (Indiferentes);	Alfa / Teta	---
Stress Pós-Traumático (1)	Monopolar	O1 (Ativo); Alternativas: Cz, Pz ou O2; A1 ou A2 (Indiferentes);	Alfa / Teta	

Proponentes: (1) Penniston & Kulkosky (1990, 1991, 1999); White (1999); (2) Collura, 1991, 1991a; (3) Norris & Currier, 1999; (4) Lubar, 1995; Lubar & Lubar, 1999; (5) Baehr et al., 1999; (6) Brownback & Mason, 1999; (7) Brown, 1995. Fonte: Appolinário, p. 61.

Um outro tipo de *neurofeedback* utiliza a hemoencefalografia. Ou seja, é o nível de oxigenação do sangue no cérebro que é medido durante o treinamento. Uma faixa de velcro

com três sensores é colocada sobre a testa do indivíduo, posicionados sobre o giro orbitofrontal, córtex pré-frontal ventromedial e ventrolateral (Kuczynski, 2016, p. 46). Por esse motivo, Kuczynski destaca que a hemoencefalografia é mais prática de se preparar do que o eletroencefalograma, tendo porém a limitação de atuar apenas sobre o córtex pré-frontal. As medidas dos níveis de oxigenação nas três regiões estão associadas ao fenômeno de acoplamento neurovascular, o que favorece a autorregulação da ativação cortical. Os sensores funcionam através de luz infravermelha, que é refletida e refratada pelo tecido corporal. A autora ainda destaca que a ativação voluntária do córtex cerebral “é uma forma de exercício cerebral que promove a sinaptogênese (formação de novas sinapses entre os neurônios) e a angiogênese (crescimento de novos vasos sanguíneos) na região estimulada” (Kuczynski, 2016, p. 49).

O *biofeedback* por resposta galvânica da pele mede a transpiração em uma das mãos do indivíduo através da condução de eletricidade (Mello, 2017, p.44). Uma pequena voltagem é aplicada, o que cria uma corrente elétrica cuja resistência é medida pelos sensores através dos princípios da lei de Ohm. Nesse caso a Terapia Cognitivo Comportamental pode ser usada como mecanismo de modulação, sendo que o aparelho serve para medir a efetividade das intervenções ao longo do tempo. Esse uso, portanto, é um exemplo direto do modelo de aplicação do *biofeedback* para controle de estresse (MacKee, 2018).

Uma outra tecnologia que mede o potencial elétrico é a eletromiografia, diferindo porém pelo fato de trabalhar com os músculos e não com a pele ou cérebro. Amorim (2018) partiu do princípio de que ajustes musculares seriam a solução para as queixas de desconforto vocal em cantores para usar esse equipamento em suas intervenções. O treinamento vocal era assistido pela eletromiografia, de forma que os participantes pudessem visualizar o grau de ativação muscular das diferentes partes do pescoço e mudar determinados padrões em busca de melhora no desempenho musical. De todos os trabalhos encontrados, essa abordagem foi a única que explorou o modelo direto de aprendizado classificado por MacKee (2018).

3.4 Diferenças entre os instrumentos utilizados

Em todos os trabalhos brasileiros analisados, testes psicológicos auxiliaram o acompanhamento dos resultados. Não houve, porém, homogeneidade na escolha desses testes. Em alguns casos, a escolha foi guiada pelo próprio tema da pesquisa, como foi o caso dos testes

de cognição e inteligência (Teste D2 de Atenção Concentrada, Teste Fator M – Bateria Fatorial CEPA, Teste V-47 de Raciocínio Verbal e Matrizes Progressivas de Raven – E.A.) utilizados na pesquisa de Appolinário (2001). Já Paula e colaboradores (2017) optaram por analisar o humor e autoconfiança, através da Escala de Humor de Bunel (BRUMS) e Questionário de Autoconfiança Esportiva (QAE), respectivamente. Os demais trabalhos tiveram um foco nos estados de ansiedade e estresse dos participantes, mas mesmo assim não utilizaram instrumentos em comum para a medição.

3.5 Análise individual dos trabalhos

Como foi visto, cada um dos sete trabalhos empregou uma combinação diferente de protocolos de intervenção, número amostral e número de intervenções. Por esse motivo os resultados de cada estudo serão discutidos de forma individual e por ordem cronológica.

Appolinário (2001) investigou o uso do *neurofeedback* por eletroencefalografia no desempenho cognitivo de adultos universitários. Participaram 21 indivíduos com média de 25,7 anos de idade e no total foram realizadas 33 sessões de intervenção. O desempenho cognitivo foi medido através de testes de inteligência não-verbal (Matrizes Progressivas de Raven – Escala Avançada), verbal (V-47), atenção (D2) e memória (Fator M – Bateria Cepa). Observou-se melhora nas atividades não-verbais (MPR Total: $t[9] = 5,729$, $p < 0,01$), MPR Percentil: $t[9] = 4,230$, $p = 0,02$), na concentração (através de auto-avaliação qualitativa) e na memória visual (bruto: $t[9] = 7,636$, $p < 0,01$, percentil: $t[9] = 5,995$, $p < 0,01$) dos participantes. O resultado positivo observado foi uma diminuição no número de erros nos instrumentos de medição ($t[9] = 5,450$, $p < 0,01$) e não houve diminuição na velocidade de execução das tarefas.

Kuczynski (2016) combinou a variabilidade da frequência cardíaca com o treinamento por hemoencefalografia em 22 participantes do sexo feminino praticantes de voleibol em nível competitivo. As atletas tinham entre 16 e 17 anos de idade e foram submetidas a 16 sessões de treinamento. A pesquisa tinha como objetivo a redução no estresse, o que foi medido através dos protocolos de estresse psicológico (sintomas de estresse pré-competitivo - LSSPCI), estados de estresse e recuperação (pelo RESTQ-76 Sport) e o estresse fisiológico (concentrações de cortisol salivar). Os relatos de participantes e treinadores, apesar de não terem sido o tema principal do estudo, apontaram para uma melhora no desempenho sob pressão. Um ponto positivo da metodologia que pode ter favorecido esse achado foi a realização das 4 últimas

sessões de treinamento de *biofeedback* em situações de distração. O grupo experimental tendeu a diminuir o estresse geral (pré: 2,40 d.p. $\pm 0,82$; pós 2,28 d.p. $\pm 0,97$; $p=0,03^*$), recuperação social (pré: 1,89 d.p. $\pm 0,77$; pós: 1,23 d.p. $\pm 1,33$; $p=0,03$) e também nas áreas de recuperação (pré: 3,33 d.p. $\pm 1,10$; pós: 3,65 d.p. $\pm 0,94$; $p=0,00$) em situações de competição, enquanto o grupo controle tendeu a obter escores maiores no estresse (geral e específico, $p=0,01$) ao final do experimento. Porém, não foi encontrada diferença significativa nos níveis de cortisol após a intervenção.

O estudo experimental de Silva (2016) utilizou a variabilidade de frequência cardíaca para o manejo do estresse e da ansiedade em atletas de handebol. Ao todo participaram 12 voluntários com média de idade de 22 anos. Foram realizadas sete sessões de treinamento em *biofeedback* e tanto o estresse quanto a ansiedade foram avaliados por meio dos seguintes instrumentos: Avaliação da Qualidade de Vida (WHOQOL – BREF), Inventário de Ansiedade de Beck (BAI), Inventário de Sintomas de Stress para Adultos de Lipp (ISSL) e *Competitive State Anxiety Inventory* (CSAI-2). Apesar do uso de diversos instrumentos de medição, vários dos resultados foram inconclusivos. Isso se deveu não só ao número baixo de participantes no grupo experimental, mas também a um grande intervalo (duas semanas) entre a segunda e terceira sessão de treinamento em *biofeedback*. Uma das possibilidades levantadas pelo autor para o resultado não significativo especialmente no Inventário de Beck foi justamente a falta de prática do *biofeedback*. Nas sessões de treinamento os equipamentos funcionam unicamente como monitoramento das atividades corporais, portanto a manipulação dos parâmetros depende do aprendizado e conseqüentemente da memorização de como controlar um parâmetro específico.

O estudo realizado por Paula et. al (2017) também trabalhou os impactos da variabilidade de frequência cardíaca nas atividades esportivas. Ao todo foram 23 participantes com uma média de idade de 14 anos que jogam basquete em competições. Para medir o resultado do treinamento foram utilizados a Escala de Humor de Brunel (BRUMS) e o Questionário de Autoconfiança Esportiva (QAE). Um diferencial do estudo foi o uso do Índice de Eficiência (IE), uma escala proposta pela liga nacional de basquete para medir o desempenho dos jogadores. Apesar da melhora no IE ($p < 0,05$), não foi observada ao final do experimento uma diferença significativa entre GE e GC. Os autores colocam a idade dos participantes (que dificultava a compreensão de alguns itens dos questionários) e a escolha de avaliar a relação do *biofeedback* no humor como os parâmetros responsáveis pelo resultado. Foi sugerido, como

feito na maior parte dos experimentos, avaliar a influência do *biofeedback* sobre o estresse e a ansiedade.

Mello (2017) pesquisou no seu doutorado a redução da ansiedade em cobradores de pênalti. Fizeram parte do experimento 34 adolescentes de 15 e 16 anos que praticavam futebol em nível competitivo. Foram apenas 4 sessões de treinamento em *biofeedback*, sendo que o aparelho utilizado trabalhava com a condução galvânica da pele e variabilidade da frequência cardíaca simultaneamente. Além do experimento em si, o trabalho levanta questões importantes sobre a atividade esportiva, já que a literatura revisada aponta para uma relação negativa entre a rapidez com que é feita a cobrança e a sua conversão em gol, além de uma relação positiva entre o tempo de contato visual do cobrador com o goleiro e cobranças mais centrais ao alvo. Os dados, entretanto, não foram o foco principal do estudo. Outro diferencial foi a associação do treinamento de *biofeedback* com protocolos de psicologia cognitivo-comportamental. Houve diferença apenas no grupo experimental pré e pós treinamento ($p < 0,001$), porém o GE pós intervenção não se mostrou diferente do GC (também pós intervenção; $p = 0,182$). O autor justifica que a situação de pressão competitiva criada para o experimento foi tão forte que os participantes do GC informaram terem aumentado a intensidade de treino durante as semanas de intervenção.

A tese de doutorado de Amorim (2018) trata do uso do *biofeedback* por eletromiografia no alívio do desconforto vocal em cantores. É um trabalho que explorou tanto aplicações clínicas como não-clínicas, já que o desconforto vocal pode não só levar ao desenvolvimento de quadros clínicos como também ser um fator de impedimento da atividade musical. O último dos artigos que fez parte do projeto envolveu 21 participantes com média de 27,7 anos de idade que cantavam diversos gêneros musicais. O desconforto foi medido através de questionário de identificação de queixas e sinais evidentes da presença de alterações na voz; autoavaliação do desconforto vocal; índice de desvantagem vocal ao cantar o repertório e ao cantar uma música escolhida pelo participante para ser avaliado (IDVCM) e escala de desconforto do trato vocal (EDTV). Além disso, o desempenho vocal foi avaliado através de avaliação funcional da voz cantada, realizada por três especialistas de forma independente (que apresentaram avaliações estatisticamente equivalentes entre si). O uso do *biofeedback* consistiu em avaliação eletromiográfica de superfície dos músculos supra e infra-hioideos e dos esternocleidomastoideos direito e esquerdo, durante repouso e no canto. Um diferencial desse

trabalho foi a divisão dos participantes em três grupos: um grupo trabalhou apenas com o *biofeedback* (G1), um com o treinamento tradicional em canto (G2), e um terceiro com as duas formas (G3). Tanto G1 quanto G3 apresentaram redução significativa no desconforto (nas avaliações de conforto, em relação a música teste e na facilidade para cantar $p < 0,05$). Essa redução de desconforto correspondeu com a auto-avaliação e com a avaliação dos especialistas. Isso indica que os auto-relatos podem não ser tão tendenciosos quanto o esperado para os treinamentos com *biofeedback* em atividades como o canto.

O artigo de Rabelo (2018) consistiu na investigação do uso do *biofeedback* por variabilidade de frequência cardíaca na redução de ansiedade na performance musical. Ao todo foram 12 participantes com média de 24,4 anos de idade e 16 sessões de treinamento em *biofeedback*. A ansiedade foi medida através do Beck Anxiety Inventory (BAI). Além disso, a performance foi pontuada por uma banca avaliadora. O resultado só foi significativo para avaliação da banca (no quesito musicalidade $p = 0,009$ e em comunicação $p = 0,011$), o que sugere que o controle da variabilidade da frequência cardíaca pode estar associado a um melhor desempenho, mesmo que a redução no estado de ansiedade não seja significativa. Uma dificuldade encontrada pelos pesquisadores foi na escolha das músicas a serem tocadas para as avaliações. Como se tratava de repertório utilizado em outras disciplinas de nível universitário, não era possível equilibrar as performances quanto à dificuldade técnica da obra, além de se tratar de instrumentos diferentes (piano, canto, violino, flauta e violoncelo).

4 DISCUSSÃO

Este trabalho foi a primeira revisão que tratou especificamente dos estudos brasileiros em *biofeedback* e desempenho. A partir dos resultados apresentados, espera-se que as próximas pesquisas sobre o tema possam desenhar procedimentos que contemplem as lacunas aqui apresentadas, utilizando o aprendizado já desenvolvido pelos trabalhos apresentados para avançar o entendimento sobre o assunto no Brasil. Reitera-se a importância especial que o *biofeedback* tem para o desempenho esportivo, já que esta ainda é uma intervenção ainda pouco difundida em treinamentos esportivos no Brasil.

Além dos estudos experimentais com intervenção e grupo controle, predominantes no Brasil, a literatura estrangeira oferece outras possibilidades quanto à organização da pesquisa. Uma possibilidade que se destacou nesta revisão foi o estudo de caso. O trabalho de Lagos

(2008) com um golfista de 14 anos serviu de exemplo para mostrar o potencial do *biofeedback* quando a habilidade praticada é propriamente desenvolvida ao longo das semanas de intervenção. Através da variabilidade de frequência cardíaca, foi possível verificar a melhora não só da coerência cardíaca, como também perceber a melhora nas competições seguintes ao aprendizado da técnica. O atleta obteve seu recorde de pontuação em 18 buracos e também conseguiu uma média de tacadas necessárias menor na temporada seguinte (15 tacadas a menos). Apesar de não ser um resultado possível de se generalizar para nenhuma população, a forma como foram conduzidos os treinamentos apontam diferenças com os estudos brasileiros que não obtiveram resultados expressivos. Os pesquisadores optaram por um protocolo (estabelecido por Lehrer, Vaschillo, and Vaschillo, 2000) de *biofeedback* que consistia em apenas uma sessão de treinamento com especialista por semana, durante dez semanas. Isso já é mais do que a maioria dos estudos realizados no Brasil. Além disso, através de um aparelho portátil e aplicativo conectado ao telefone, o jovem cumpriu duas sessões de 20 minutos cada durante os seis dias restantes na semana. Esse desenho de estudo aponta para o *biofeedback* não apenas como uma intervenção de tratamento a um problema ou sintoma aparente no desempenho de atividades motoras e cognitivas, mas exemplifica que trata-se de uma habilidade que deve ser aprendida no dia a dia para ser confiável em uma situação real de competição. Destaca-se que o participante não recebeu qualquer tipo de instrução em golfe durante o período em que ocorreu o estudo de caso. Os autores sugerem que deve ser investigado a relação do desempenho acadêmico, rotina de treinamento, alimentação e abuso de substâncias com o resultado das intervenções de *biofeedback*. Outra questão a ser levada em conta são os efeitos de longo prazo do treinamento, já que não foi feito acompanhamento com o participante nos anos seguintes para saber se o resultado se manteve no longo prazo.

Devido ao maior número de pesquisas na área no exterior, a revisão sistemática se apresenta como uma ferramenta importante que ainda não é possível de ser realizada no Brasil, pelo menos em experimentos com participantes saudáveis. Pagaduan (2020) e sua equipe selecionaram dentre 656 trabalhos, 6 que investigavam o uso do *biofeedback* por variabilidade de frequência cardíaca para a melhora da performance atlética. O número de participantes total dos 6 estudos foi 187, incluindo jogadores de basquete, futebol, corredores e dançarinos. Ainda assim, os estudos apresentavam grandes diferenças metodológicas entre si, o que evidencia a necessidade de buscar-se uma metodologia amplamente aceita para os testes com *biofeedback*. Enquanto 3 dos estudos compararam o treinamento apenas com um grupo controle, outros 3

utilizaram treinamentos placebo com os participantes (o que não foi encontrado em nenhum estudo no Brasil). A pesquisa também mostrou que já existem experimentos sobre *biofeedback* e performance atlética desde 1998, o que evidencia um atraso para que as tecnologias e metodologias chegassem ao Brasil. Apesar de mostrar um efeito positivo do *biofeedback* nos treinamentos de modo geral (os atletas que chegaram até o final do treinamento eram mais frequentes também nos treinos e apresentaram menos lesões), o resultado direto na performance ainda foi inconclusivo, já que a intensidade e duração das atividades motoras em cada modalidade eram muito diversas e alguns estudos apresentaram grupos experimental e controle muito heterogêneos entre si (principalmente com a predominância de um sexo sobre o outro). Para estudos futuros, os autores citam as pesquisas com biomarcadores, que podem auxiliar na compreensão sobre os efeitos de aprendizado de habilidades motoras e redução do estresse, por exemplo.

Um dos pontos problemáticos em comum levantado por quase todos os pesquisadores brasileiros foi o baixo número de participantes nos estudos. Apesar de serem compreensíveis os motivos que levam à baixa adesão e dificultam a realização de trabalhos maiores, foram encontrados vários estudos que apresentaram um número de participantes substancialmente maior que os estudos encontrados no Brasil. O principal deles foi o de Gruzelier, Thompson, Redding, Brandt and Steffert (2014), citado na maioria dos trabalhos sobre *neurofeedback* e performance tanto no Brasil quanto no exterior. Em um dos artigos de uma série que buscou investigar o uso do protocolo *alpha/theta* de intervenção com EEG e a VFC na performance artística, participaram 64 dançarinos alunos do primeiro ano de uma determinada universidade. Diferentemente de outros estudos do mesmo autor, os resultados aqui também não foram conclusivos, o que foi justificado principalmente pelas dificuldades de implementação dos estudos em ambiente de alta demanda acadêmica dos alunos. O resultado mais relevante foi que a VFC reduziu a ansiedade, o NFB a manteve, e o grupo controle aumentou a taxa de ansiedade após o experimento ($F_{3,60} = 2.82, p < .04$). Mais uma vez veio à tona a necessidade de um número maior de intervenções, mesmo que outros estudos feitos pelos mesmos autores tenham apontado que 10 sessões seriam o suficiente.

Um segundo estudo um pouco mais antigo serviu de base para várias aplicações diferentes do *neurofeedback* por EEG (Gruzelier, Egner and Vernon 2006). Trata-se de uma revisão narrativa de trabalhos de *neurofeedback* e melhora de atenção, memória, humor e performance na dança e na música em participantes saudáveis. Os autores destacam que até a

data da publicação, boa parte dos estudos faziam o antes e depois do EEG, sem validação dos efeitos positivos ou negativos na atividade motora ou cognitiva estudada. Além disso, não seriam todos que respondem à esse tipo de intervenção. Apesar disso, o estudo apontou benefícios no uso do EEG na redução da ansiedade em alcoólatras e estresse pós-traumático, além dos tipos de desempenho já citados neste trabalho. Em atividades cognitivas, o *neurofeedback* propiciou a redução de erros (especialmente os erros chamados de "comissão", que envolvem uma ação de resposta sem que tenha havido o estímulo determinado). Foi a partir desse tipo de estudo que se comprovou os benefícios do *neurofeedback* por EEG em transtornos como o TDAH. Na dança, a intervenção afetou positivamente o ritmo e a técnica dos dançarinos, enquanto na música houve melhora da qualidade da performance, musicalidade e criatividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os potenciais benefícios das intervenções com *biofeedback*, destacou-se a melhora nas habilidades não verbais, concentração e memória visual e diminuição no número de erros; redução do estresse geral; maior auto confiança e qualidade de vida; melhora na percepção de ansiedade; maior conforto e melhor desempenho em atividades motoras.

Os pesquisadores brasileiros sugerem pesquisas que envolvam a influência do *neurofeedback* e funções cognitivas em diferentes modalidades de esportes. Os estudos que apresentaram melhores resultados ocorreram em situações experimentais controladas, sendo que competições ou provas reais apresentam muitas variáveis não controláveis que afetam diretamente a realização dos estudos ou os resultados em si. O número de participantes, de intervenções e de duração do estudo devem ser os maiores possíveis, proporcionando as condições necessárias para que os participantes aprendam a controlar os parâmetros estudados de forma eficiente. A validação dos estados em competição pode ser feita após o estudo, em comparação com desempenhos em competições anteriores ao estudo, por exemplo. Se possível, os efeitos de longo prazo e as condições socioeconômicas também podem ser utilizados para responder se a implementação do *biofeedback* em instituições de ensino que trabalham com habilidades motoras e cognitivas é válida financeiramente.

Finalmente, a literatura estrangeira mostra que ainda existem muitos tipos de estudo ainda não explorados, principalmente no confronto do *biofeedback* com outras formas de

intervenção, uso de treinamentos placebo para validar os resultados positivos e trabalhos com neuro-marcadores.

REFERÊNCIAS

Abreu, C. N. de, Karam, R. G., Góes, D. S., & Spritzer, D. T. (2008). Dependência de Internet e de jogos eletrônicos: Uma revisão. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 30(2), 156–167.

Amorim, G. O. de. (2018). *Evidências clínicas do biofeedback eletromiográfico em cantores com queixa de desconforto vocal* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco].

Appolinario, F. (2016). *Avaliação dos efeitos do treinamento em neurofeedback sobre o desempenho cognitivo de adultos universitários* [Doutorado em Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano, Universidade de São Paulo].

Baethge, Goldbeck-Wood, S., & Mertens, S. (2019). SANRA-a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Research Integrity and Peer Review*, 4(1), 5–5.

Castro, Maria. (2004). Do prazer à dependência. *Revista Toxicodependências*, 10(3), 49–56.

Gruzelier, J., Egner, T., & Vernon, D. (2006). Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance. *Progress in Brain Research*, 159, 421–431.

Gruzelier, J. H., Thompson, T., Redding, E., Brandt, R., & Steffert, T. (2014). Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: State anxiety and creativity. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 93(1), 105–111.

Guaragni, A. C. E. e G. V. (2020). Neurociência e direito: Implicações na (des)proteção do consumidor brasileiro. *Civilística*, 9(3).

Paula, E. P. (2017). *Biofeedback cardiovascular: Impacto do treinamento da ampliação da variabilidade da frequência cardíaca sobre variáveis psicofisiológicas e desempenho esportivo* [Doctoral Thesis, Universidade Federal do Paraná].

Khazan, I. Z. (2013). *The Clinical Handbook of Biofeedback: A Step-by-Step Guide for Training and Practice with Mindfulness* (1st ed.). Wiley.

Kuczynski, K. M. (2016). *Efeitos do treinamento psiconeurofisiológico nos indicadores de estresse em atletas de voleibol* [Ph.D., Universidade Federal do Paraná].

Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina. (2008). Heart Rate Variability Biofeedback as a Strategy for Dealing with Competitive Anxiety: A Case Study. *Biofeedback*, 36, 109–115.

- Linden, M., Habib, T., & Radojevic, V. (1996). A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21(1), 35–49.
- McGrath, C. (2012). *Music performance anxiety therapies: A review of the literature* [Tese de Doutorado]. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- McKee, M. G. (2008). Biofeedback: An overview in the context of heart-brain medicine. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 75 Suppl 2, S31-34.
- Mello, D. D. de. (2017). *A redução do estado de ansiedade dos cobradores de pênalti no futebol* [Doutorado Direto em Pedagogia do Movimento Humano, Universidade de São Paulo].
- Menezes-Rodrigues, F. S., Errante, P. R., Lima, R. Y., Carmo, A. de O. do, Silva, E. F., Gehrke, F., Carvalho, D. S., Tikazawa, E. H., Ferraz, R. R. N., Caricati-Neto, A., & Taha, M. O. (2019). Vantagens da utilização do Método de Aprendizagem Baseada em Problemas (MAPB) em cursos de graduação na área da saúde. *Revista Ibero-Americana de Estudos Em Educação*, 14(2), 340–353.
- Nelson, L. A. (2007). The role of biofeedback in stroke rehabilitation: Past and future directions. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 14(4), 59–66.
- Pagaduan, J. C., Chen, Y.-S., Fell, J. W., & Wu, S. S. X. (2020). Can Heart Rate Variability Biofeedback Improve Athletic Performance? A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 73, 103–114.
- Perry, F. D. (2018). *Examining the Effects of a Mindfulness-Based Biofeedback Intervention on Self-Regulation and Sport Performance in Soccer Athletes* [Doctoral Thesis, Boston University].
- Milosevic, I., & McCabe, R. E. (Eds.). (2015). Fight or Flight. In *Phobias: The Psychology of Irrational Fear* (Illustrated edition). Greenwood.
- Rabelo, P. (2018). O Uso do Biofeedback (HRV) na Redução da Ansiedade de Performance Musical. *Psic., Saúde & Doenças*, 19(2), 197–207.
- Ruiz, M. H., Strübing, F., Jabusch, H.-C., & Altenmüller, E. (2011). EEG oscillatory patterns are associated with error prediction during music performance and are altered in musician's dystonia. *NeuroImage*, 55(4), 1791–1803.
- Saita, K., Morishita, T., Arima, H., Hyakutake, K., Ogata, T., Yagi, K., Shiota, E., & Inoue, T. (2018). Biofeedback effect of hybrid assistive limb in stroke rehabilitation: A proof of concept study using functional near infrared spectroscopy. *PloS One*, 13(1), e0191361.
- Shaffer, F., & Moss, D. (2006). Biofeedback. In *Textbook of complementary and alternative medicine* (2nd ed.).

Shatz, I. (n.d.). *The Confirmation Bias: Why People See What They Want to See – Effectiviology*. Acesso em April 13, 2020, em <https://effectiviology.com/confirmation-bias/>

Silva, J. D. de A., Padovani, R. da C., & Viana, M. de B. (2016). O emprego do biofeedback como estratégia de manejo do estresse e da ansiedade em atletas: Um ensaio clínico. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 18(3), 17–29.

Skinner, B. F. (1992). “Superstition” in the pigeon. 1948. *Journal of Experimental Psychology. General*, 121(3), 273–274.

Strack, B. W., Linden, M. K., & Wilson, V. S. (2011). History of Biofeedback in Sport. In *Biofeedback & Neurofeedback Applications in Sport Psychology* (pp. 21–44). Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.