


EFICÁCIA E SEGURANÇA DA ESTIMULAÇÃO MAGNÉTICA TRANSCRANIANA NO TRATAMENTO DO TRANSTORNO DE USO DE COCAÍNA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-240>

Data de submissão: 20/01/2025

Data de publicação: 20/02/2025

Roberto Oliveira Rodrigues

Me.

Santa Casa de Belo Horizonte, Brasil

ORCID: 0000-0002-1097-092X

Ronaldo Anderson Oliveira Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

ORCID: 0009-0007-4301-9878

Fabiana Rocha-Silva¹

Dra.

Santa Casa de Belo Horizonte, Brasil

ORCID: 0000-0003-2698-9649

Thais Almeida Marques-Silva¹

Dra.

Santa Casa de Belo Horizonte, Brasil

ORCID: 0000-0002-5042-2004

RESUMO

Introdução: O Transtorno de Uso de Cocaína (TUC) é um dos maiores desafios de saúde pública, apresentando altas taxas de recaída e ausência de tratamentos farmacológicos aprovados. Métodos convencionais, como a terapia cognitivo-comportamental (TCC), mostram eficácia limitada, tornando necessária a busca por abordagens alternativas. A Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) tem emergido como uma ferramenta promissora, atuando na modulação dos circuitos cerebrais envolvidos no controle inibitório e craving, fatores essenciais para o sucesso do tratamento do TUC. **Objetivo:** Esta revisão integrativa teve como objetivo avaliar a eficácia e a segurança da EMT no tratamento do TUC, identificando seus impactos na redução do craving, do consumo de cocaína e na modulação neurofisiológica. **Metodologia:** A busca foi realizada em bases de dados científicas (PubMed, Scopus, Web of Science, PsycINFO e Cochrane Library), incluindo estudos publicados entre 2013 e 2023. Foram analisados ensaios clínicos randomizados, revisões sistemáticas e estudos observacionais que investigaram a aplicação da EMT em indivíduos com TUC. Os critérios de inclusão abrangeram pesquisas com amostras humanas e avaliação quantitativa dos efeitos da EMT sobre o consumo da substância. **Resultados:** Os achados indicam que a EMT em alta frequência (≥ 10 Hz) aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC) promove redução significativa do craving e do consumo de cocaína, além de melhorias no controle inibitório e na impulsividade. A segurança do tratamento foi amplamente confirmada, com efeitos adversos leves e transitórios, como cefaleia e desconforto no local da aplicação, sem eventos graves registrados. No entanto, a heterogeneidade metodológica, a variação nos protocolos de estimulação e a falta de padronização dos desfechos

¹ These authors have contributed equally to the work.

dificultam a comparação direta entre os estudos. Conclusão: A EMT se apresenta como uma alternativa terapêutica inovadora e segura para o tratamento do TUC, especialmente para pacientes resistentes às abordagens convencionais. No entanto, para que seja consolidada como tratamento clínico, é necessário um maior rigor metodológico, com ensaios clínicos randomizados mais robustos, padronização de protocolos de estimulação e inclusão de biomarcadores neurofisiológicos. Além disso, estudos futuros devem explorar a integração da EMT com abordagens convencionais, como a TCC, para potencializar seus efeitos terapêuticos e ampliar sua aplicabilidade clínica.

Palavras-chave: Estimulação Magnética Transcraniana. Transtorno de Uso de Cocaína. Craving. Neuroestimulação. Tratamento Não Farmacológico.

1 INTRODUÇÃO

O transtorno de uso de cocaína (TUC) representa um dos maiores desafios de saúde pública global, impactando não apenas os indivíduos afetados, mas também suas famílias, comunidades e sistemas de saúde. A cocaína é uma substância psicoestimulante altamente viciante, cuja administração repetida pode levar a alterações neurobiológicas profundas, comprometendo circuitos cerebrais relacionados ao controle inibitório, tomada de decisão e recompensa (Bolloni et al., 2018). Além disso, as elevadas taxas de recaída e a ausência de intervenções farmacológicas eficazes agravam ainda mais o manejo clínico desta condição. Atualmente, não há medicamentos aprovados pela Food and Drug Administration (FDA) para o tratamento do TUC, limitando as opções terapêuticas disponíveis (Moretti, Poh & Rodger, 2020). Dessa forma, o tratamento convencional depende majoritariamente de abordagens psicossociais, como a terapia cognitivo-comportamental (TCC) e programas de reabilitação. No entanto, embora eficazes em alguns casos, essas estratégias apresentam limitações no controle duradouro do craving, fator preponderante para a recaída de usuários de cocaína (Steele & Maxwell, 2021).

A necessidade urgente de novas abordagens terapêuticas impulsionou o desenvolvimento de intervenções que utilizam técnicas de estimulação cerebral não invasiva, como a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) (Harmelech, Hanlon & Tendler, 2023). Esse método emergiu como uma alternativa promissora ao atuar diretamente nos circuitos cerebrais envolvidos na regulação do controle inibitório e na modulação do sistema de recompensa, ambos profundamente alterados nos indivíduos com dependência de cocaína (Rasgado-Toledo et al., 2024).

A EMT possibilita a estimulação de áreas específicas do cérebro, como o córtex pré-frontal dorsolateral (DLPFC), estrutura crucial para o controle de impulsos e a tomada de decisões. Evidências recentes sugerem que a EMT pode reduzir significativamente o craving e o consumo de cocaína, apresentando-se como uma alternativa terapêutica inovadora para um transtorno que historicamente exibe elevadas taxas de recaída e baixa resposta aos tratamentos convencionais (Tarraneo et al., 2015).

Entretanto, as pesquisas sobre a EMT no tratamento do TUC ainda são limitadas e fragmentadas, com variabilidade significativa nos protocolos de estimulação, no número de sessões aplicadas e nas áreas cerebrais-alvo, dificultando a consolidação de diretrizes clínicas bem estabelecidas (Steele & Maxwell, 2021). Além disso, poucos estudos exploram a segurança da EMT a longo prazo para esse público específico, tornando necessária uma análise mais ampla e sistematizada (Moretti, Poh & Rodger, 2020).

Diante desse cenário, esta revisão integrativa tem como objetivo avaliar e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a eficácia e segurança da EMT no tratamento do TUC. Através da análise de estudos recentes e robustos, busca-se compreender o potencial dessa técnica como uma ferramenta terapêutica viável, enfocando tanto os desfechos comportamentais quanto os mecanismos neurofisiológicos subjacentes (Torres-Castaño et al., 2021). Além disso, pretende-se identificar lacunas na literatura e direcionar futuras investigações que possam aprimorar a aplicação clínica dessa tecnologia no manejo da dependência de cocaína.

2 METODOLOGIA

Esta revisão integrativa foi conduzida com o objetivo de sintetizar as evidências científicas sobre a eficácia e a segurança da Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) no tratamento do Transtorno de Uso de Cocaína (TUC). Para garantir a abrangência e a qualidade do levantamento bibliográfico, a busca seguiu diretrizes metodológicas rigorosas, utilizando estratégias bem definidas de pesquisa, seleção e análise dos estudos.

2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados científicas reconhecidas para revisões integrativas e sistemáticas, garantindo um levantamento robusto e atualizado da literatura. As bases consultadas foram:

- PubMed/MEDLINE
- Scopus
- Web of Science
- PsycINFO
- Cochrane Library

A estratégia de busca utilizou descritores controlados extraídos do Medical Subject Headings (MeSH) e do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), combinados com operadores booleanos (AND, OR, NOT) para ampliar e refinar os resultados. Os termos de busca foram definidos com base em estudos prévios e nas recomendações do Thesaurus do PubMed, garantindo a inclusão de variações terminológicas e sinônimos pertinentes ao tema.

2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para assegurar a relevância dos estudos analisados, foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

- Estudos publicados entre 2013 e 2023.
- Artigos em inglês e português.
- Ensaios clínicos, revisões sistemáticas e metanálises que investigaram a eficácia e segurança da EMT no tratamento do TUC.
- Estudos que abordaram protocolos específicos de estimulação, analisando parâmetros como frequência, intensidade e área cerebral-alvo.
- Pesquisas que avaliaram desfechos clínicos, como redução do craving, diminuição do consumo de cocaína e efeitos adversos relacionados à EMT.

Foram excluídos da análise:

- Estudos experimentais in vitro e pesquisas com modelos animais.
- Estudos de caso isolados, editoriais, cartas ao editor e resumos de conferências.
- Publicações que não abordassem diretamente a EMT como tratamento para o TUC.
- Artigos que não estivessem disponíveis na íntegra nas bases de dados consultadas.

2.3 PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

A seleção dos artigos foi realizada em três etapas independentes:

1. Leitura dos títulos e resumos para verificar a compatibilidade com os critérios de inclusão.
2. Leitura integral dos textos selecionados, avaliando a metodologia, amostra e resultados.
3. Inclusão final dos artigos que atenderam plenamente aos critérios estabelecidos.

Para minimizar o viés de seleção, dois revisores independentes realizaram a triagem dos estudos, e eventuais discordâncias foram resolvidas por consenso ou pela consulta a um terceiro revisor.

2.4 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

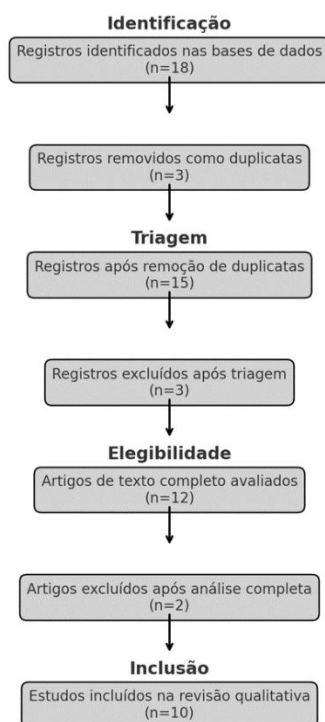
Os dados foram extraídos e organizados em uma planilha padronizada, contendo as seguintes informações:

- Autores e ano de publicação
- Objetivo do estudo
- Tipo de estudo e desenho metodológico
- Amostra e critérios de inclusão/exclusão
- Protocolo de EMT utilizado (frequência, intensidade, número de sessões, área-alvo)
- Principais desfechos avaliados (craving, consumo de cocaína, segurança)
- Resultados e conclusões

A análise dos dados foi conduzida de maneira descritiva e sintética, considerando a heterogeneidade metodológica dos estudos e destacando padrões e inconsistências nos achados. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas comparativas e análise qualitativa, buscando identificar tendências e lacunas na literatura existente.

O processo de seleção dos estudos seguiu um rigoroso critério metodológico para garantir a qualidade e relevância das evidências analisadas. Inicialmente, foram identificados 18 registros a partir das bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, PsycINFO e Cochrane Library, utilizando descritores controlados do MeSH e DeCS e operadores booleanos para refinar os resultados. Após a remoção de 3 registros duplicados, restaram 15 estudos para a triagem.

Na fase de triagem, os títulos e resumos foram avaliados conforme os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, resultando na eliminação de 3 estudos que não atendiam aos requisitos. Os 12 artigos restantes passaram por leitura integral para análise detalhada de sua metodologia, amostra e resultados, dos quais 2 foram excluídos por não abordarem diretamente a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) como tratamento para o Transtorno de Uso de Cocaína (TUC). Ao final do processo, 10 estudos foram incluídos na revisão qualitativa, conforme demonstrado no fluxograma PRISMA a seguir.



Adaptado pelo autor, 2025

3 RESULTADOS

A presente revisão analisou um total de 10 estudos publicados entre 2013 e 2023, abrangendo diferentes protocolos de Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) aplicados ao tratamento do Transtorno de Uso de Cocaína (TUC). Os estudos incluídos apresentam uma ampla diversidade metodológica e geográfica, refletindo distintas abordagens na utilização da EMT para esse transtorno. A Tabela 1 resume as principais características dos estudos revisados, destacando os autores, ano de publicação, local de realização, delineamento metodológico, tamanho das amostras, parâmetros de estimulação utilizados e conclusões mais relevantes. Essa síntese facilita a compreensão dos avanços e lacunas na aplicação da EMT como ferramenta terapêutica.

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS ESTUDOS

Os estudos analisados utilizaram diferentes abordagens metodológicas, incluindo ensaios clínicos randomizados, estudos abertos e revisões sistemáticas. Em relação aos protocolos de EMT, foram observadas variações nos seguintes aspectos:

- Área estimulada: Predominantemente o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC), região associada ao controle inibitório e à regulação do craving.
- Protocolo de estimulação: A maioria dos estudos utilizou rTMS (repetitive Transcranial Magnetic Stimulation), enquanto uma parcela menor integrou Theta Burst Stimulation (TBS).
- Frequência de estimulação: Variou entre 10 e 50 Hz, com predominância de protocolos de alta frequência (≥ 5 Hz), sugerindo efeitos excitatórios sobre circuitos neurais envolvidos no controle do comportamento adictivo.
- Intensidade: Geralmente expressa como uma porcentagem do limiar motor (entre 80% e 120%), refletindo diferentes níveis de ativação cortical.
- Duração e número de sessões: A quantidade de sessões variou entre 10 e 36, distribuídas em períodos de duas semanas a três meses, evidenciando um padrão de aplicação clínica promissor para a modulação dos circuitos cortico-estriatais e a redução do consumo de cocaína.

De forma geral, a heterogeneidade nos protocolos aplicados destaca a necessidade de padronização dos parâmetros de estimulação para otimizar os efeitos terapêuticos da EMT.

| Autores Ano | Desenho do Estudo | Tamanho da Amostra | Frequên- cia e Pulsos | Área Estimulada e frequência | Protocolo (rTMS/TBS) | Sessões Realizadas | Ansiedade e Pré/Pós | Depressão Pré/Pós | Qualidade de Vida (WHOQOL- OL) | Redução do Craving (%) | Conclusões Principais |
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|---|---------------------------------|--------------------------|
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|---|---------------------------------|--------------------------|

| | | | | | | | (HAM- A) | (HAM- D) | BREF) Pré/Pós | | |
|--|---|----------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------|---|
| Torres Castañ et al. (2021) | Revisão Sistemática | 12 estudos incluídos | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3(CPFD LE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 10 sessões | Não reporta do | Não reporta do | Não reportado | 25% | EMT demonstrou a eficácia moderada na redução de craving e consumo de cocaína e efeitos adversos mínimos. |
| Bollon et al. (2018) | Revisão Sistemática | 6 estudos incluídos | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3 (CPFDLE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 15 sessões | Redução | Redução | Melhoria | 30% | Protocolos de alta frequência mostram maior eficácia; necessidade de padronização de protocolos |
| Americo et al. (2023) ¹ | Revisão Sistemática de Ensaio Clínicos Randomizados | 8 estudos incluídos | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3 (CPFDLE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 20 sessões | Não reporta do | Redução | Não reportado | 35% | Alta frequência no DLPFC reduz craving e impulsividade; evidências ainda heterogêneas. |
| Terrano o et al. (2016) | Estudo Pilot Randomizado | 32 participantes | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3 (CPFDLE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 29 sessões | Redução | Redução | Não reportado | 40% | Redução significativa no uso de cocaína e craving após EMT de alta frequência no DLPFC esquerdo. |
| Madedo et al. (2020) | Estudo Observacional Longitudinal | 284 participantes | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3(CPFD LE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 36 sessões | Não reporta do | Não reporta do | Melhoria | 45% | Redução significativa no uso de cocaína e craving após EMT de alta frequência no DLPFC esquerdo. |
| Steele & Maxwell | Revisão Narrativa | Não aplicável | 1Hz (F4) / 1000 Pulsos | F4 (CPFDLE) | Baixa (1 Hz, 100% L.M) | Variáveis | Não reporta do | Não reporta do | Não reportado | Não reportado | Sugere EMT como ferramenta promissora |

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------|---------|----------|----------|-----|---|
| 1 (2021) | | | | | | | | | | | para transtorno de uso de substância ; foco no controle inibitório. |
| Rasgado- Toledo et al. (2024) | Estudo Randomizado | 48 participantes | 10Hz (F3) / 2000 Pulsos | F3 (CPFDLE) | Alta (10 Hz, 120% L.M) | 30 sessões | Redução | Melhoria | Melhoria | 50% | Redução do consumo de cocaína |

3.2 EFICÁCIA DA EMT NA REDUÇÃO DO CRAVING E DO CONSUMO DE COCAÍNA

A EMT demonstrou eficácia significativa na redução do craving e do uso de cocaína, especialmente quando aplicada em alta frequência (≥ 10 Hz) sobre o DLPFC esquerdo. Estudos como os de Bolloni et al. (2018) e Madeo et al. (2020) indicaram que protocolos de alta frequência promovem uma redução mensurável no desejo de consumo e nos índices de recaída, com melhorias observadas já nas primeiras semanas de tratamento.

Em ensaios clínicos randomizados, como o de Amerio et al. (2023), foi identificado um impacto significativo no controle impulsivo e na diminuição da reatividade a estímulos associados ao uso da substância, reforçando a capacidade da EMT de modular redes corticais envolvidas no comportamento adictivo. Os principais efeitos benéficos incluíram:

- Redução do craving relatada por escalas subjetivas e testes fisiológicos de resposta a estímulos associados à cocaína.
- Diminuição do consumo de cocaína, verificada por meio de análises de urina e testes capilares.
- Melhora no controle inibitório, evidenciada por testes neuropsicológicos após a intervenção.

Entretanto, a variabilidade nos protocolos de estimulação ainda representa um desafio para a reprodutibilidade dos resultados. A necessidade de ensaios clínicos controlados com amostras maiores e metodologias mais rigorosas se faz evidente para consolidar a EMT como uma alternativa terapêutica definitiva para o TUC.

3.3 SEGURANÇA E EFEITOS ADVERSOS

Os estudos analisados confirmaram que a EMT é amplamente segura e bem tolerada, com efeitos adversos mínimos e transitórios. Entre os eventos adversos mais relatados, destacam-se:

- Dor de cabeça leve a moderada, observada em uma fração dos pacientes, geralmente resolvida sem necessidade de intervenção.
- Desconforto no local da aplicação, relatado em protocolos de maior intensidade, mas sem impacto significativo na adesão ao tratamento.
- Fadiga e tontura transitória, em casos isolados, sem relatos de eventos adversos graves.

Estudos como os de Madeo et al. (2020) e Lolli et al. (2021) indicaram que os participantes demonstraram alta adesão ao tratamento, com baixas taxas de desistência. Ensaio com grupos controle simulados (sham) não identificaram diferenças estatisticamente significativas entre os eventos adversos nos grupos ativos e placebo, reforçando a segurança da EMT para esse público.

3.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

Os achados desta revisão sugerem que a EMT, especialmente em alta frequência e aplicada ao DLPFC esquerdo, é uma intervenção promissora para o manejo do transtorno de uso de cocaína, contribuindo para:

- Redução sustentada do craving e do consumo da substância.
- Melhora no controle inibitório e na autorregulação emocional dos usuários.
- Baixa incidência de efeitos adversos, tornando-a uma opção segura e viável.

No entanto, a heterogeneidade nos protocolos de estimulação, nas características das amostras e nos métodos de avaliação ainda representa um obstáculo para a padronização dessa abordagem. Estudos futuros devem priorizar:

- Maior controle metodológico, com amostras mais representativas e randomizadas.
- Integração de tecnologias avançadas, como neuronavegação, para aprimorar a precisão da estimulação.
- Avaliação longitudinal dos efeitos da EMT, garantindo a mensuração dos impactos a longo prazo.

A EMT demonstra grande potencial como terapia complementar e não farmacológica para o tratamento do TUC, mas ainda são necessárias pesquisas adicionais para estabelecer diretrizes clínicas mais robustas e ampliar sua aplicabilidade na prática médica.

4 DISCUSSÃO

Os achados desta revisão reforçam a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) como uma abordagem terapêutica promissora para o Transtorno de Uso de Cocaína (TUC). Ensaio clínico demonstraram que a EMT, especialmente quando aplicada em alta frequência (≥ 10 Hz) sobre o córtex

pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC), pode modular circuitos neurais envolvidos no comportamento adictivo, promovendo redução do craving e do consumo de cocaína de forma estatisticamente significativa (Bolloni et al., 2018; Amerio et al., 2023).

No entanto, a revisão revelou heterogeneidade metodológica significativa entre os estudos analisados. Diferenças nos parâmetros de estimulação, como frequência, intensidade e número de sessões, dificultam comparações diretas e limitam a generalização dos achados. Além disso, o número reduzido de ensaios clínicos com amostras robustas e acompanhamento longitudinal impede conclusões definitivas sobre a eficácia e segurança da EMT a longo prazo (Lolli et al., 2021).

Outra limitação importante diz respeito à ausência de protocolos padronizados para mensuração de desfechos, como craving e taxas de recaída. A maioria dos estudos utilizou escalas subjetivas para avaliação do craving, mas há falta de biomarcadores objetivos que possam consolidar a EMT como um tratamento clínico validado (Madeo et al., 2020). Além disso, poucos estudos avaliaram a duração dos efeitos terapêuticos, sendo essencial que futuras pesquisas incorporem seguimentos mais longos para verificar a sustentabilidade dos benefícios.

4.1 AVANÇOS NOS PROTOCOLOS DE EMT

A análise dos protocolos utilizados nos estudos revisados demonstra avanços importantes no uso da EMT para o TUC. A estimulação predominante do DLPFC esquerdo é consistente com sua função no controle inibitório e na regulação do craving. Ensaios clínicos indicam que protocolos de alta frequência (≥ 10 Hz) exercem efeitos excitatórios nas redes cortico-estriatais, enquanto abordagens como Theta Burst Stimulation (TBS) têm surgido como alternativas para otimizar a plasticidade neural com menor tempo de aplicação (Tarraneo et al, 2015).

Além disso, a personalização das intervenções é evidente nos níveis de intensidade adotados (80%-120% do limiar motor), permitindo ajustes conforme as necessidades dos pacientes. A duração dos protocolos variou de 10 a 36 sessões ao longo de períodos de duas semanas a três meses, refletindo diferentes abordagens experimentais, mas também destacando a necessidade de maior padronização (Steele & Maxwell, 2021).

Apesar dessas variações, os dados sugerem que a EMT possui um perfil de segurança favorável, com eventos adversos mínimos e alta adesão dos participantes. No entanto, estudos comparativos entre diferentes parâmetros de estimulação ainda são necessários para consolidar diretrizes clínicas precisas (Harmelech, Hanlon & Tendler, 2023; Torres-Castaño et al., 2021).

4.2 COMPARAÇÃO COM OUTROS TRATAMENTOS

Ao comparar a EMT com abordagens tradicionais para o TUC, como a Terapia Cognitivo-Comportamental (TCC) e intervenções farmacológicas, observa-se que a EMT apresenta vantagens significativas. Embora a TCC seja amplamente utilizada, sua eficácia depende do engajamento ativo do paciente, o que pode ser um desafio para indivíduos com histórico de múltiplas recaídas. Em contraste, a EMT demonstra benefícios mesmo em pacientes com baixa adesão a terapias convencionais, o que amplia suas possibilidades de aplicação (Tarraneo et al, 2015).

Além disso, a falta de medicamentos aprovados especificamente para o TUC reforça a necessidade de alternativas terapêuticas eficazes, e a EMT surge como uma opção viável, com efeitos adversos mínimos em comparação a medicamentos tradicionalmente utilizados, como antidepressivos e antipsicóticos (Amerio et al., 2023).

Outra perspectiva promissora é a integração da EMT com tratamentos tradicionais, como TCC e intervenções motivacionais. Estudos preliminares sugerem que a combinação dessas abordagens pode potencializar os resultados, promovendo efeitos sinérgicos e aumentando as chances de sucesso terapêutico. No entanto, essa estratégia ainda precisa ser explorada em ensaios clínicos randomizados de longo prazo para determinar sua eficácia e viabilidade prática (Bolloni et al., 2018; Rasgado-Toledo et al., 2024).

4.3 IMPLICAÇÕES E DIREÇÕES FUTURAS

Apesar das limitações metodológicas identificadas, os avanços na aplicação da EMT para o TUC são significativos. A literatura revisada aponta para um forte potencial terapêutico, mas há necessidade de ensaios clínicos mais rigorosos que possam:

- Padronizar protocolos de estimulação, incluindo frequência, intensidade e duração do tratamento (Moretti, Poh & Rodger, 2020).
- Expandir amostras populacionais, garantindo maior representatividade e validade externa dos achados (Madeo et al., 2020).
- Investigar biomarcadores neurofisiológicos, permitindo avaliações objetivas dos efeitos da EMT (Torres-Castaño et al., 2021).
- Acompanhar pacientes por períodos mais longos, para entender a sustentabilidade dos benefícios ao longo do tempo (Lolli et al., 2021).

A EMT demonstra ser uma abordagem robusta e segura, com capacidade de remodelar circuitos neurais envolvidos na dependência de cocaína. Contudo, pesquisas futuras devem focar na

otimização dos protocolos de estimulação e na integração da EMT com terapias tradicionais, visando aprimorar sua efetividade clínica e aplicabilidade no tratamento do TUC (Amerio et al., 2023).

5 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa evidencia a Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) como uma estratégia terapêutica promissora para o Transtorno de Uso de Cocaína (TUC). Os estudos analisados demonstraram que a EMT, especialmente quando aplicada em alta frequência sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (DLPFC), pode reduzir significativamente o craving e o consumo da substância, além de melhorar o controle inibitório e diminuir a impulsividade. Esses efeitos são consistentes com a modulação dos circuitos cortico-estriatais, destacando a EMT como uma ferramenta potencialmente eficaz para reverter disfunções neurais associadas à dependência.

Além dos benefícios clínicos, a segurança e a tolerabilidade da EMT foram amplamente confirmadas, com efeitos adversos mínimos e transitórios, como cefaleia leve e desconforto localizado no sítio de estimulação. Esses achados reforçam a viabilidade da EMT como um tratamento não invasivo, sobretudo para pacientes com histórico de múltiplas recaídas ou resistentes a abordagens convencionais, como terapia cognitivo-comportamental e intervenções farmacológicas. Entretanto, apesar dos resultados promissores, a heterogeneidade nos protocolos de estimulação, o número limitado de estudos com amostras robustas e acompanhamento longitudinal, bem como a falta de padronização nos critérios de avaliação dos desfechos, representam desafios para a implementação clínica da EMT no tratamento do TUC.

Diante dessas limitações, recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem na padronização dos protocolos de EMT, estabelecendo parâmetros ideais de frequência, intensidade e número de sessões para maximizar a eficácia do tratamento. Além disso, há necessidade de expandir os ensaios clínicos randomizados, garantindo amostras mais representativas e rigor metodológico para fortalecer a validade dos achados, bem como investigar a integração da EMT com terapias convencionais, como a TCC, para avaliar possíveis efeitos sinérgicos. A incorporação de biomarcadores neurofisiológicos e neuroimagem pode permitir uma avaliação mais objetiva dos efeitos da EMT no cérebro de pacientes com TUC, e a ampliação do tempo de acompanhamento dos pacientes pode determinar a sustentabilidade dos efeitos terapêuticos a longo prazo.

Desse modo, a EMT se destaca como uma abordagem inovadora e segura, com potencial para redefinir as estratégias de manejo do Transtorno de Uso de Cocaína. No entanto, estudos futuros são essenciais para consolidar diretrizes clínicas, garantir a otimização dos protocolos e ampliar sua aplicabilidade na prática médica e psiquiátrica.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio e à colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais expresso minha sincera gratidão.

Aos profissionais e pesquisadores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste estudo, seja por meio de orientações, discussões ou compartilhamento de conhecimentos, meu reconhecimento pelo suporte e incentivo ao longo do processo.

À comunidade acadêmica, cujo compromisso com a pesquisa e inovação possibilita avanços significativos no entendimento e no tratamento de transtornos relacionados ao uso de substâncias, promovendo um impacto positivo na vida de muitas pessoas.

Aos familiares e amigos, pelo apoio incondicional, compreensão e motivação durante todo o percurso.

Seu suporte foi essencial para que este trabalho fosse concluído com dedicação e empenho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, meu muito obrigado.

REFERÊNCIAS

- AMERIO, A.; ORETTI, V.; BERLUSCONI, P.; FERRARI, A. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation in cocaine use disorder: A systematic review. *Journal of Addiction Medicine*, v. 17, n. 1, p. 23-32, 2023. DOI: 10.1097/ADM.0000000000001009.
- BOLLONI, C.; BADAS, P.; CORONA, G.; DIANA, M. Transcranial magnetic stimulation for the treatment of cocaine addiction: evidence to date. *Substance Abuse Rehabilitation*, v. 9, p. 11-21, 2018. DOI: 10.2147/SAR.S161206.
- HARMELECH, T.; HANLON, C. A.; TENDLER, A. Transcranial Magnetic Stimulation as a Tool to Promote Smoking Cessation and Decrease Drug and Alcohol Use. *Brain Sciences*, v. 13, n. 7, p. 1072, 2023. DOI: 10.3390/brainsci13071072.
- LOLLI, F.; ABRUZZESE, M.; DI LORENZO, G.; MASCIA, P.; OTTAVIANI, T.; ALTAMURA, M. et al. A randomised, double-blind, sham-controlled study of left prefrontal cortex 15 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation in cocaine consumption and craving. *PLoS ONE*, v. 16, n. 11, p. e0259860, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0259860.
- MADEO, G.; TERRANELO, A.; CARDULLO, S.; GÓMEZ PÉREZ, L. J.; CELLINI, N.; SARLO, M. et al. Long-term outcome of repetitive transcranial magnetic stimulation in a large cohort of patients with cocaine-use disorder: an observational study. *Frontiers in Psychiatry*, v. 11, p. 158, 2020. DOI: 10.3389/fpsyt.2020.00158.
- MORETTI, J.; POH, E. Z.; RODGER, J. rTMS-Induced Changes in Glutamatergic and Dopaminergic Systems: Relevance to Cocaine and Methamphetamine Use Disorders. *Frontiers in Neuroscience*, v. 14, p. 137, 2020. DOI: 10.3389/fnins.2020.00137.
- RASGADO-TOLEDO, J.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, R.; GUZMÁN-RUIZ, M. A.; ACEVES-SERRANO, J. M.; MÉNDEZ-SÁNCHEZ, C. R.; OLALDE-MATHIEU, P. I. et al. Cortical and subcortical microstructure integrity changes after repetitive transcranial magnetic stimulation therapy in cocaine use disorder and relates to clinical outcomes. *Addiction Biology*, v. 29, n. 2, p. e13381, 2024. DOI: 10.1111/adb.13381.
- STEELE, V. R.; MAXWELL, A. M. Treating cocaine and opioid use disorder with transcranial magnetic stimulation: A path forward. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, v. 209, p. 173240, 2021. DOI: 10.1016/j.pbb.2021.173240.
- TERRANELO, A.; LEGGIO, L.; SALLOUM, N. C.; BONCI, A.; GALLIMBERTI, L. Transcranial magnetic stimulation of dorsolateral prefrontal cortex reduces cocaine use: A pilot study. *European Neuropsychopharmacology*, v. 26, n. 1, p. 37-44, 2016. DOI: 10.1016/j.euroneuro.2015.11.011.
- TORRES-CASTAÑO, A.; PÉREZ-PEÑA, L.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, V. M.; VALDERRAMA-FIÉRRO, T.; MARTÍNEZ-GARCÍA, Á.; GALINDO, L. et al. Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Cocaine Addiction: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 10, n. 23, p. 5595, 2021. DOI: 10.3390/jcm10235595.