

VAPOR QUE APRISIONA: COMO A NICOTINA DOS VAPES REPROGRAMA O CÉREBRO ADOLESCENTE

VAPOR THAT ENSNARE: HOW NICOTINE FROM VAPES REPROGRAMS THE ADOLESCENT BRAIN

VAPOR QUE ATRAPA: CÓMO LA NICOTINA DE LOS VAPES REPROGRAMA EL CÉREBRO ADOLESCENTE

Luiza Roveroni Favaretto¹, Beatriz Roveroni Favaretto², Mateus Martins Palheiro Selani³, Livia Maria Della Porta Cosac⁴

DOI: 10.54899/dcs.v22i81.3259

Recibido: 26/08/2025 | Aceptado: 28/08/2025 | Publicación en línea: 04/09/2025.

RESUMO

Introdução: O uso de cigarros eletrônicos (vapes) tem crescido exponencialmente entre adolescentes, impulsionado pela falsa percepção de segurança e pelo apelo dos aromatizantes. No entanto, a nicotina presente nesses dispositivos representa uma séria ameaça ao sistema nervoso central, que se encontra em uma fase crítica de desenvolvimento durante a adolescência. **Objetivo:** Esta revisão narrativa busca sintetizar as evidências científicas atuais sobre os impactos neurobiológicos da exposição à nicotina proveniente dos cigarros eletrônicos no cérebro adolescente. **Métodos:** Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, analisando estudos que investigam as alterações neurais, sinápticas e comportamentais decorrentes do uso de nicotina durante a adolescência. **Resultados:** Os achados demonstram que a nicotina interfere diretamente na maturação do córtex pré-frontal, região essencial para o controle de impulsos e funções executivas, levando a déficits de atenção, memória e tomada de decisão. Além disso, a desregulação dos sistemas neurotransmissores, como os sistemas dopaminérgico e serotoninérgico, está associada ao aumento da impulsividade, ansiedade e maior predisposição ao uso de outras substâncias, atuando como porta de entrada para a dependência. **Conclusão:** Longe de serem inofensivos, os cigarros eletrônicos exercem efeitos deletérios profundos e duradouros sobre o cérebro adolescente, reprogramando circuitos neurais e comprometendo o desenvolvimento cognitivo e comportamental. A implementação de políticas públicas de saúde e campanhas de conscientização é imperativa para mitigar os riscos e proteger o futuro neurológico dessa geração vulnerável.

Palavras-chave: Cigarros Eletrônicos. Cérebro Adolescente. Nicotina. Neurobiologia. Déficits Cognitivos.

¹ Graduanda em Medicina, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
E-mail: luizarfava@gmail.com

² Graduanda em Medicina, Universidade São Francisco, Bragança Paulista, São Paulo, Brasil.
E-mail: beatrizroveronifavaretto@gmail.com

³ Graduando em Medicina, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
E-mail: mateuspalheiroselani1@gmail.com

⁴ Doutora em Ciências Patológicas, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
E-mail: lcosac@unaep.br

ABSTRACT

Introduction: The use of electronic cigarettes (vapes) has grown exponentially among adolescents, driven by a misconception of safety and the appeal of flavorings. However, the nicotine in these devices poses a serious threat to the central nervous system, which is in a critical developmental phase during adolescence. **Objective:** This narrative review aims to synthesize the current scientific evidence on the neurobiological impacts of nicotine exposure from electronic cigarettes on the adolescent brain. **Methods:** A narrative literature review was conducted, analyzing studies that investigate the neural, synaptic, and behavioral changes resulting from nicotine use during adolescence. **Results:** The findings demonstrate that nicotine directly interferes with the maturation of the prefrontal cortex, a region essential for impulse control and executive functions, leading to deficits in attention, memory, and decision-making. Furthermore, the dysregulation of neurotransmitter systems, such as the dopaminergic and serotonergic systems, is associated with increased impulsivity, anxiety, and a greater predisposition to the use of other substances, acting as a gateway to addiction. **Conclusion:** Far from being harmless, electronic cigarettes exert profound and lasting deleterious effects on the adolescent brain, reprogramming neural circuits and compromising cognitive and behavioral development. The implementation of public health policies and awareness campaigns is imperative to mitigate the risks and protect the neurological future of this vulnerable generation.

Keywords: E-Cigarettes. Adolescent Brain. Nicotine. Neurobiology. Cognitive Deficits.

RESUMEN

Introducción: El uso de cigarrillos electrónicos (vapes) ha crecido exponencialmente entre los adolescentes, impulsado por la falsa percepción de seguridad y el atractivo de los saborizantes. Sin embargo, la nicotina presente en estos dispositivos representa una seria amenaza para el sistema nervioso central, que se encuentra en una fase crítica de desarrollo durante la adolescencia. **Objetivo:** Esta revisión narrativa tiene como objetivo sintetizar la evidencia científica actual sobre los impactos neurobiológicos de la exposición a la nicotina proveniente de los cigarrillos electrónicos en el cerebro adolescente. **Métodos:** Se realizó una revisión narrativa de la literatura, analizando estudios que investigan los cambios neuronales, sinápticos y conductuales derivados del consumo de nicotina durante la adolescencia. **Resultados:** Los hallazgos demuestran que la nicotina interfiere directamente en la maduración de la corteza prefrontal, una región esencial para el control de impulsos y las funciones ejecutivas, lo que conduce a déficits de atención, memoria y toma de decisiones. Además, la desregulación de los sistemas de neurotransmisores, como los sistemas dopaminérgico y serotoninérgico, se asocia con un aumento de la impulsividad, la ansiedad y una mayor predisposición al consumo de otras sustancias, actuando como puerta de entrada a la adicción. **Conclusión:** Lejos de ser inofensivos, los cigarrillos electrónicos ejercen efectos deletéreos profundos y duraderos sobre el cerebro adolescente, reprogramando los circuitos neuronales y comprometiendo el desarrollo cognitivo y conductual. La implementación de políticas públicas de salud y campañas de concienciación es imperativa para mitigar los riesgos y proteger el futuro neurológico de esta generación vulnerable.

Palabras clave: Cigarrillos Electrónicos. Cerebro Adolescente. Nicotina. Neurobiología. Déficits Cognitivos.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A adolescência representa um período de vulnerabilidade neurobiológica singular, marcado por intensa reorganização dos circuitos cerebrais envolvidos na motivação, na regulação emocional e nas funções executivas. Essa plasticidade, embora crucial para o desenvolvimento, torna o cérebro mais suscetível ao impacto de substâncias como a nicotina, especialmente quando consumida por meio de cigarros eletrônicos (vapes) (10, 11). Embora tradicionalmente associada ao cigarro convencional, a exposição precoce à nicotina tem se deslocado para os vapes, frequentemente vistos erroneamente como inofensivos. Aromatizantes artificiais contribuem para uma experiência de consumo mais agradável e mascaram os riscos reais, reforçando percepções equivocadas de segurança. É fundamental destacar que as concentrações de nicotina nos e-liquids não são desprezíveis, variando frequentemente entre 20 mg/mL ou mais em produtos populares entre adolescentes (15). Em modelos experimentais, a vaporização de um cartucho completo (como um pod de JUUL) resultou em ingestão sistêmica de cerca de ~4 mg de nicotina, quantidade equivalente à nicotina de aproximadamente 15 cigarros combustíveis. Ainda que os valores possam variar conforme o dispositivo e o comportamento do usuário, o potencial de ingestão acumulado é expressivo. Essa discrepância entre percepção e realidade – com muitos adolescentes subestimando a carga de nicotina e seus efeitos – é preocupante. Além dos efeitos tóxicos diretos, há evidências robustas de que a exposição à nicotina na adolescência pode induzir alterações duradouras na arquitetura neural, funcionamento sináptico e comportamento, predispondo ao uso futuro de outras substâncias (13, 14). Apresenta como objetivo analisar e sintetizar as evidências científicas mais recentes sobre os impactos neurobiológicos da exposição à nicotina, por meio do uso de cigarros eletrônicos, no sistema nervoso central de adolescentes, com foco nas alterações duradouras na arquitetura neural, funcionamento sináptico e comportamento.

REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura especializada sobre os impactos da nicotina em adolescentes evidencia um padrão recorrente: a subestimação dos riscos neurológicos associados ao consumo de cigarros

eletrônicos, ao mesmo tempo em que se supervalorizam supostos benefícios, como a percepção de segurança e o prazer proporcionado pelos aromatizantes. Estudos prévios indicam que adolescentes frequentemente subestimam a quantidade de nicotina consumida, ignorando que a ingestão de um único pod de JUUL pode equivaler a aproximadamente 15 cigarros convencionais (Arraes *et al.*, 2024).

Pesquisas experimentais e observacionais demonstram que a exposição precoce à nicotina interfere diretamente na maturação do córtex pré-frontal, região essencial para funções executivas, tomada de decisões e controle de impulsos (Ehlinger *et al.*, 2015; Counotte *et al.*, 2011). Paralelamente, observa-se disfunção nos sistemas dopaminérgico e serotoninérgico, responsáveis pela regulação da motivação, recompensa e humor, aumentando a vulnerabilidade à ansiedade, à impulsividade e uso futuro de outras substâncias (Trauth *et al.*, 2000; Candel; Candel, 2014; Yuan *et al.*, 2015).

No contexto neurobiológico, a exposição precoce é agravada pela alta plasticidade cerebral característica da adolescência (Spear, 2000). Embora essa plasticidade seja essencial para o aprendizado e adaptação, ela torna o cérebro mais suscetível a alterações duradouras na arquitetura neural e no funcionamento sináptico (Dao *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2015). Assim, a combinação da percepção equivocada de segurança, do apelo de aromatizantes e da fragilidade na regulação sobre a venda de produtos de nicotina cria um cenário de risco significativo para a população adolescente (Camenga *et al.*, 2014; Dutra; Glantz, 2014; Machado, 2025).

Segundo Goriounova & Mansvelder, destaca que o tabagismo durante a adolescência está associado a distúrbios na memória de trabalho e atenção, bem como à redução da ativação do córtex pré-frontal (PFC). Embora esses estudos se concentrem nos efeitos de curto prazo, o tabagismo de longa data correlaciona-se com a extensão da diminuição da atividade do PFC, indicando uma progressão de efeitos deletérios da nicotina que podem persistir na vida adulta. O tabagismo é um fator de risco prospectivo para o comprometimento da função cognitiva na vida adulta; pois fumantes de meia-idade apresentam menor velocidade psicomotora e flexibilidade cognitiva em comparação com não fumantes. Além disso, o uso de tabaco na adolescência está associado a um risco posterior de desenvolver problemas mentais e comportamentais, como transtorno depressivo maior, agorafobia, transtorno do pânico, dependência de outras substâncias, transtorno de personalidade antissocial ou problemas acadêmicos.

Estudos em roedores mostram que a exposição à nicotina durante a adolescência induz alterações significativas na expressão gênica e na morfologia neuronal no PFC. A nicotina não

apenas altera a sinalização colinérgica, mas também leva a adaptações secundárias que afetam as mudanças estruturais e funcionais na cognição. Alterações duradouras foram observadas na morfologia dendrítica de subpopulações específicas de neurônios piramidais. Em roedores adultos expostos à nicotina durante a adolescência, foram observadas adaptações de longo prazo que persistiram na vida adulta. Os níveis de receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR) no PFC retornaram aos níveis basais 5 semanas após a exposição à nicotina. Em contraste, os níveis de mGluR2 mostraram uma regulação negativa, resultando em função mGluR2 prejudicada e sinapses que resultaram em desempenho de atenção prejudicado. A estimulação de mGluR2 com agonistas específicos melhorou o desempenho de atenção em animais expostos à nicotina durante a adolescência.

Essas descobertas sugerem que a exposição à nicotina na adolescência pode levar a déficits persistentes na atenção e falta de controle impulsivo, que fazem parte da maturação normal do adolescente. Deficiências semelhantes induzidas pela nicotina foram encontradas em um paradigma de aprendizado de padrão serial. Em resumo, a exposição à nicotina durante a adolescência induz mudanças significativas na expressão gênica e na morfologia neuronal no PFC, levando a adaptações estruturais e funcionais duradouras que afetam o desempenho cognitivo na vida adulta e aumentam a vulnerabilidade a transtornos mentais e comportamentais.

Para Leslie (2020) a adolescência é um período de grande plasticidade dos sistemas cerebrais que regulam o comportamento motivado e a cognição. É também a idade de pico para o início do uso da nicotina. Embora tenha havido um declínio na utilização de cigarros por adolescentes nos últimos anos, houve um enorme aumento no vaping de nicotina. Como resultado, é de importância crítica entender o impacto da nicotina nesta fase do desenvolvimento cerebral. A exposição à nicotina na adolescência tem efeitos que duram até a idade adulta, isso inclui o aumento dos efeitos recompensadores de drogas de abuso, déficits na função cognitiva e desregulação emocional.

A exposição à nicotina durante períodos críticos interrompe o desenvolvimento neural e frequentemente tem efeitos duradouros nos comportamentos associados. Isso ressalta a importância de desvendar drogas de abuso, como a nicotina, que impactam diferentemente o cérebro durante a adolescência e a idade adulta. Revisões narrativas apontam para o aumento da sensibilidade à recompensa da nicotina, liberação de dopamina e atividade dos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs), mas redução da aversão à nicotina durante a adolescência em comparação com a idade adulta.

Na área tegmental ventral (VTA) e na região marginal do corpo celular da dopamina de adolescentes, a expressão de muitas subunidades de nAChR foi maior do que em adultos, especialmente $\alpha 4\beta 2$ nAChR. Assim, é fundamental que programas educacionais contínuos e campanhas de conscientização pública sejam implementados para reduzir o uso de tabaco entre adolescentes, dada a sensibilidade do período de desenvolvimento e a plasticidade cerebral que os torna mais vulneráveis aos efeitos de longo prazo da nicotina.

A regulamentação eficaz dos Sistemas Eletrônicos de Liberação de Nicotina (ENDS) enfrenta uma infinidade de desafios. Um desses desafios é evitar que jovens não fumantes se habituem à nicotina por meio de cigarros eletrônicos. A intenção das empresas de tabaco de sustentar as vendas por meio de estratégias de marketing prejudiciais que minimizam os riscos e destacam os cigarros eletrônicos como uma "alternativa muito mais segura", ao mesmo tempo em que promovem sabores atraentes para crianças, deve ser imediatamente proibida. Outro perigo é o endosso dos ENDS como dispositivos destinados a melhorar a interação social, o que abre um caminho para que os jovens façam escolhas errôneas sob pressão dos colegas.

Segundo Bhalerao *et al*, a política pública deve adotar uma abordagem multidimensional para equilibrar esses dois extremos. A literatura científica mostra dados amplamente incompletos sobre os efeitos dos cigarros eletrônicos na saúde. Isso se traduz em indecisão política entre as autoridades reguladoras, levando à confusão entre o público em geral. Isso também causa problemas para os profissionais de saúde ao aconselhar fumantes atuais que buscam mudar para cigarros eletrônicos. Uma abordagem com duas vertentes pode ser fundamental para equilibrar os aspectos regulatórios dos cigarros eletrônicos. Ela deve consistir em uma estratégia de prevenção para jovens e outra de controle para fumantes atuais que buscam alternativas de redução dos danos para sua fixação por nicotina.

Em relação a prevenção pode-se incluir leis que proíbam a venda para menores de idade, extinguir publicidades que evidenciam os sabores atrativos, aumentar as campanhas de conscientização e educação. Por outro lado, o aspecto de controle pode incluir uma melhoria nas medidas de fabricação, leis de licenciamento para vendas no varejo e online, tributação seletiva e subsídio supervisionado. É crucial que as políticas de saúde pública se concentrem em:

1. Aumento de Preços: Aumentar o preço dos produtos de tabaco, incluindo cigarros eletrônicos, é uma das formas mais eficazes de prevenir a iniciação entre jovens.

2. Campanhas de Mídia em Massa: Implementar campanhas de mídia em massa que informem sobre os riscos dos cigarros eletrônicos e desmistifiquem a percepção de segurança.
3. Políticas de Ambientes Livres de Fumo: Estender as políticas de ambientes livres de fumo para incluir cigarros eletrônicos, reduzindo a exposição e a normalização do uso.
4. Restrições de Sabores: Proibir sabores em cigarros eletrônicos, que são um dos principais atrativos para adolescentes.
5. Idade Mínima Legal de Venda: Reforçar e fiscalizar a idade mínima legal para a venda de produtos oriundos do tabaco, incluindo cigarros eletrônicos.
6. Programas de Cessação: Desenvolver e implementar programas de cessação específicos para adolescentes que já utilizam cigarros eletrônicos.

Essas medidas, combinadas com a educação contínua sobre os perigos da nicotina e a vulnerabilidade do cérebro adolescente, são essenciais para mitigar o impacto do uso de cigarros eletrônicos na saúde pública e proteger as futuras gerações.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Caracterizar a vulnerabilidade neurobiológica do cérebro adolescente à exposição à nicotina, especialmente através do uso de cigarros eletrônicos.
- 2- Analisar as alterações duradouras na arquitetura neural induzidas pela exposição à nicotina de cigarros eletrônicos em adolescentes.
- 3- Discutir as modificações comportamentais resultantes dos impactos neurobiológicos do uso de cigarros eletrônicos em adolescentes.
- 4- Sintetizar as evidências sobre a predisposição ao uso futuro de outras substâncias em adolescentes, decorrente da exposição neurobiológica à nicotina de cigarros eletrônicos.

METODOLOGIA

A presente revisão narrativa foi conduzida com o objetivo de analisar e sintetizar as evidências científicas mais recentes sobre os impactos neurobiológicos da exposição à nicotina, por meio do uso de cigarros eletrônicos, no sistema nervoso central de adolescentes. A metodologia empregada buscou garantir a abrangência e a relevância dos estudos incluídos,

seguindo as diretrizes para revisões narrativas em saúde. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados eletrônicas indexada, incluindo PubMed, Science Direct e Google Scholar. Os artigos foram elencados de acordo com o ano de publicação, entre 2003 e 2025, a fim de abranger a literatura mais recente sobre o tema, considerando o surgimento e a popularização dos cigarros eletrônicos

Crítérios de Inclusão e Exclusão: Foram incluídos estudos originais, revisões sistemáticas, meta-análises e artigos de revisão narrativa que abordassem os efeitos da nicotina no cérebro adolescente, tanto em modelos animais (roedores) quanto em populações humanas. Priorizou-se a inclusão de estudos que investigassem especificamente os impactos neurobiológicos da nicotina proveniente de cigarros eletrônicos. Artigos que não se enquadravam no período de publicação estabelecido, que não apresentavam foco nos impactos neurobiológicos em adolescentes ou que não eram revisões narrativas foram excluídos. Os artigos selecionados foram lidos na íntegra e analisados criticamente. As informações relevantes foram extraídas e organizadas de acordo com os objetivos específicos da revisão, focando nas alterações duradouras na arquitetura neural, no funcionamento sináptico e nas modificações comportamentais induzidas pela exposição à nicotina em adolescentes. A síntese dos dados foi realizada de forma qualitativa, integrando os achados dos diferentes estudos para construir uma narrativa coesa e abrangente sobre o tema. A integração crítica desses achados permitiu não apenas descrever o fenômeno, mas também refletir sobre as implicações sociais e de saúde pública, um aspecto crucial para uma revisão narrativa que busca ir além da descrição biomédica e contextualizar o problema em um cenário mais amplo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nicotina, principal alcaloide presente no tabaco e nos e-líquids dos cigarros eletrônicos, é amplamente reconhecida por seus efeitos psicoativos e seu elevado potencial aditivo. No entanto, a compreensão de seus impactos neurobiológicos, especialmente no cérebro adolescente em desenvolvimento, transcende a mera discussão sobre dependência. A adolescência é um período crítico de intensa plasticidade neural, caracterizado por uma reorganização significativa dos circuitos cerebrais envolvidos na motivação, regulação emocional e funções executivas (17, 19). Essa plasticidade, embora essencial para a aquisição de novas habilidades cognitivas e sociais, confere ao cérebro adolescente uma vulnerabilidade singular aos efeitos de substâncias exógenas, como a nicotina (3, 6).

Vulnerabilidade Neurobiológica e Receptores Nicotínicos

A ação da nicotina no sistema nervoso central (SNC) é mediada principalmente pela sua ligação aos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs), que são canais iônicos amplamente distribuídos em diversas regiões cerebrais, incluindo o córtex pré-frontal, hipocampo e núcleo accumbens (1). A expressão e a sensibilidade desses receptores variam ao longo do desenvolvimento, sendo particularmente elevadas durante a adolescência. Diferentes subtipos de nAChRs ($\alpha 4\beta 2$, $\alpha 3\beta 4$ e $\alpha 7$) estão envolvidos em uma gama de processos neurobiológicos, desde a modulação autonômica até a plasticidade sináptica ligada ao aprendizado e à memória (4). A exposição à nicotina durante esse período pode induzir alterações duradouras na expressão e função desses receptores, resultando em um remodelamento da arquitetura neural e do funcionamento sináptico (7).

Alterações na Arquitetura Neural e Funcionamento Sináptico

Estudos pré-clínicos, principalmente em modelos animais, têm demonstrado que a exposição à nicotina na adolescência pode levar a déficits persistentes em funções cognitivas e comportamentais. Por exemplo, a nicotina pode comprometer a maturação do córtex pré-frontal, uma região crucial para o controle de impulsos, tomada de decisões e funções executivas (9). Alterações na expressão de receptores como o mGluR2, que desempenham um papel na plasticidade sináptica e na regulação da excitabilidade neuronal, têm sido associadas à exposição à nicotina em adolescentes, o que pode prejudicar a capacidade de filtrar estímulos irrelevantes e enfraquecer mecanismos fundamentais de atenção e autorregulação (5). Além disso, a nicotina pode interferir no equilíbrio de neurotransmissores como a dopamina e a serotonina, que são fundamentais para a regulação do humor, recompensa e motivação (18). A exposição precoce à nicotina pode distorcer os circuitos de recompensa, tornando o cérebro mais propenso a buscar recompensas e, conseqüentemente, mais vulnerável ao uso de outras substâncias (12). Evidências sugerem que a nicotina pode induzir alterações epigenéticas que sensibilizam o cérebro a outras drogas, preparando-o para o abuso de substâncias no futuro (19).

Implicações Comportamentais e de Saúde Pública

As alterações neurobiológicas induzidas pela nicotina na adolescência têm profundas implicações comportamentais. Estudos experimentais com roedores confirmam que a exposição adolescente à nicotina gera déficits persistentes em impulsividade, atenção e memória de trabalho, efeitos que não são observados em exposições tardias (16). Em humanos, a associação entre o uso de cigarros eletrônicos na adolescência e o subsequente uso de substâncias psicoativas tem sido consistentemente demonstrada (2). A percepção equivocada de que os cigarros eletrônicos são inofensivos, muitas vezes reforçada por aromatizantes que tornam o consumo mais agradável, mascara os riscos reais e contribui para a crescente popularidade desses dispositivos entre os jovens (8). É imperativo que a sociedade abandone a neutralidade em relação ao uso de cigarros eletrônicos por adolescentes. A literatura científica evidencia que a adolescência não é apenas um período de maior vulnerabilidade, mas também uma janela de oportunidade para prevenir sequelas cognitivas e emocionais que podem se estender até a vida adulta. Ignorar esses achados é perpetuar um ciclo de adoecimento coletivo e comprometer o desenvolvimento saudável.

CONCLUSÃO

O presente artigo de revisão narrativa buscou sintetizar as evidências científicas mais recentes sobre os impactos neurobiológicos da exposição à nicotina, por meio do uso de cigarros eletrônicos, no sistema nervoso central de adolescentes. Os achados corroboram a premissa de que a adolescência representa um período de vulnerabilidade neurobiológica acentuada, tornando o cérebro em desenvolvimento particularmente suscetível aos efeitos deletérios da nicotina (17, 19). As alterações na arquitetura neural e no funcionamento sináptico, induzidas pela nicotina em adolescentes, são multifacetadas e de longo prazo. A interferência na maturação do córtex pré-frontal, uma região crucial para funções executivas e controle de impulsos, pode resultar em déficits cognitivos persistentes, como dificuldades de atenção, memória de trabalho e tomada de decisões (5, 9). Além disso, a desregulação dos sistemas dopaminérgico e serotoninérgico, observada após a exposição à nicotina, contribui para o desenvolvimento de alterações comportamentais, incluindo aumento da impulsividade, ansiedade e predisposição ao uso de outras substâncias psicoativas (12, 18). Embora os cigarros eletrônicos sejam frequentemente

percebidos como uma alternativa menos prejudicial ao cigarro convencional, as evidências demonstram que a nicotina presente nesses dispositivos exerce efeitos neurobiológicos significativos e prejudiciais no cérebro adolescente (8). A crescente popularidade dos vapes entre os jovens, muitas vezes impulsionada por aromatizantes e uma percepção equivocada de segurança, representa uma séria ameaça à saúde pública (2). Diante do exposto, é imperativo que sejam implementadas políticas públicas eficazes e campanhas de conscientização que abordem os riscos neurobiológicos específicos do uso de cigarros eletrônicos na adolescência. A educação sobre os perigos da nicotina, independentemente da forma de consumo, é fundamental para proteger o desenvolvimento cerebral dos jovens e prevenir a iniciação e a progressão para o uso de outras substâncias. A inação frente a esses achados científicos pode perpetuar um ciclo de adoecimento e comprometer o futuro de uma geração, reforçando a necessidade de uma abordagem proativa e baseada em evidências para mitigar os impactos dos cigarros eletrônicos na saúde neurobiológica dos adolescentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à professora Lívia Maria Della Porta Cosac, por sua orientação dedicada e inspiradora ao longo deste trabalho. Seu apoio, paciência e expertise foram fundamentais para o desenvolvimento do estudo e para a preparação deste manuscrito para publicação.

REFERÊNCIAS

- (1) ALBUQUERQUE, E. X.; PEREIRA, E. F.; ALKONDON, M.; ROGERS, S. W. *Mammalian nicotinic acetylcholine receptors: from structure to function*. *Physiological Reviews*, v. 89, n. 1, p. 73–120, 2009.
- (2) CAMENGA, D. R. *et al.* *Trends in electronic nicotine delivery systems by adolescents*. *Addictive Behaviors*, v. 39, n. 1, p. 338–340, 2014.
- (3) CHAMBERS, R. A.; TAYLOR, J. R.; POTENZA, M. N. *Developmental neurocircuitry of motivation in adolescence: a critical period of addiction vulnerability*. *American Journal of Psychiatry*, v. 160, n. 6, p. 1041–1052, 2003.
- (4) COLLINS, S. L.; WADE, D. L.; LEDON, J.; IZENWASSER, S. *Neurochemical alterations produced by daily nicotine exposure in periadolescent vs. adult male rats*. *European Journal of Pharmacology*, v. 502, n. 1-2, p. 75–85, 2004.
- (5) COUNOTTE, D. S. *et al.* *Lasting synaptic changes underlie attention deficits caused by nicotine exposure during adolescence*. *Nature Neuroscience*, v. 14, n. 4, p. 417–419, 2011.

- (6) CREWS, F. T.; HE, J.; HODGE, C. *Adolescent alcohol exposure and adult neurodegeneration: role of neuroinflammation*. International Journal of Developmental Neuroscience, v. 25, n. 5, p. 329–336, 2007.
- (7) DAO, D. *et al.* *Chronic adolescent nicotine exposure induces unique and persistent dendritic remodeling in the prelimbic cortex*. Neuroscience, v. 290, p. 209–218, 2015.
- (8) DUTRA, L. M.; GLANTZ, S. A. *Electronic cigarettes and adolescent smoking*. Pediatrics, v. 133, n. 4, p. 689–697, 2014.
- (9) EHLINGER, D. G. *et al.* *Nicotine exposure during adolescence impairs adult prefrontal cortex function*. Neuroscience, v. 290, p. 219–228, 2015.
- (10) *Impactos multissistêmicos dos cigarros eletrônicos em populações jovens: uma revisão sistemática dos efeitos fisiológicos e implicações para políticas de saúde pública*. RevistaFT. Disponível em: <https://revistaft.com.br/impactos-multissistemicos-dos-cigarros-eletronicos-em-populacoes-jovens-uma-revisao-sistematica-dos-efeitos-fisiologicos-e-implicacoes-para-politicas-de-saude-publica/>.
- (11) INSTITUTO SOMED. *Riscos do cigarro eletrônico: saúde pulmonar, cardiovascular e mental*. Disponível em: <https://www.institutosomed.com.br/blog/riscos-do-cigarro-eletronico/>.
- (12) KANDEL, D. B.; KANDEL, E. R. *A molecular basis for nicotine as a gateway drug*. New England Journal of Medicine, v. 371, n. 10, p. 932–941, 2014.
- (13) *O impacto do vape na saúde mental: dependência, ansiedade e prejuízos cognitivos*. Portal Unit. Disponível em: <https://portal.unit.br/blog/noticias/o-impacto-do-vape-na-saude-mental-dependencia-ansiedade-e-prejuizos-cognitivos/>.
- (14) *Cigarros eletrônicos: a novidade que virou um perigo* Electronic. Revista RDP. Disponível em: <https://revistardp.org.br/revista/article/download/1444/1104/6125>.
- (15) *Cigarros eletrônicos e a dependência de nicotina: análise dos aspectos neuropsicológicos*. Brazilian Journal of Interdisciplinary Health Studies. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/download/4429/4430/9672>.
- (16) SMITH, R. F. *et al.* *Adolescent nicotine induces persisting changes in development of neural connectivity*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, v. 57, p. 170–179, 2015.
- (17) SPEAR, L. P. *The adolescent brain and age-related behavioral manifestations*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, v. 24, n. 4, p. 417–463, 2000.
- (18) TRAUTH, J. A. *et al.* *Nicotine exposure during adolescence alters dopamine system development and adult behavior*. Neuroscience, v. 99, n. 3, p. 429–438, 2000.
- (19) YUAN, M.; CROSS, S. J.; LOUGHLIN, S. E.; LESLIE, F. M. *Nicotine and the adolescent brain*. The Journal of Physiology, v. 593, n. 16, p. 3397–3412, 2015. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4560573/>.

(20) GORIOUNOVA, N. A.; MANSVELDER, H. D. *Short- and long-term consequences of nicotine exposure during adolescence for prefrontal cortex neuronal network function*. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 2(12), a012120, 2012. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3543069/2>.

(21) LESLIE, F. M. *Unique, long-term effects of nicotine on adolescent brain*. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 197, 173010, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091305720302185>.

(22) BHALERAO, A.; SIVANDZADE, F.; ARCHIE, S. R.; CUCULLO, L. *Public health policies on e-cigarettes*. Current Cardiology Reports, 21(10), 111, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6713696/>.