

Pesquisa Multidisciplinar EM SAÚDE

EDIÇÃO XXII

Capítulo 30

CONSUMO DE ALIMENTOS ULTRAPROCESSADOS E DEFICIÊNCIA DE VITAMINA D EM INDIVÍDUOS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

LAÍS LIMA DE CASTRO ABREU¹
ANTÔNIO GABRIEL FONTES MENDES²
LAYS BEATRICE LIMA MATOS COSTA²
JAYNARA KEYLLA MOREIRA DA SILVA³
JOYCE LOPES MACEDO⁴
AMANDA SUELLENN DA SILVA SANTOS OLIVEIRA⁵
MARIANA MARTINS BARROS⁶
FRANCISCO VALMOR MACEDO CUNHA⁷
MARIA DO CARMO DE CARVALHO E MARTINS⁸

¹Discente – Doutorado em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí – UFPI/PPGAN, Teresina, Piauí, Brasil.

²Discente – Medicina da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

²Discente – Medicina da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

³Nutricionista – Teresina, Piauí, Brasil.

⁴Discente – Doutorado em Biotecnologia pela Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

⁵Docente – Coordenação do Curso de Nutrição da UniFacema, Caxias, Maranhão, Brasil.

⁶Discente – Odontologia pelo Afya Centro Universitário, Teresina, Piauí, Brasil.

⁷Docente – Coordenação dos Cursos de Fisioterapia, Biomedicina e Fonoaudiologia do Centro Universitário UNINO-VAFAP, Teresina, Piauí, Brasil.

⁸Docente – Departamento de Biofísica e Fisiologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, Brasil.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus Tipo 2; Vitamina D; Alimentos Ultraprocessados.

DOI

10.59290/6190612031

EDITORIA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) representa uma das principais doenças crônicas não transmissíveis da atualidade, constituindo um importante problema de saúde pública em escala global. Essa doença caracteriza-se pela resistência à ação da insulina e comprometimento progressivo da função das células β pancreáticas, resultando em hiperglicemia persistente e aumento do risco de complicações micro e macrovasculares. A elevada prevalência da doença tem sido associada a fatores genéticos, ambientais e comportamentais, destacando-se o padrão alimentar inadequado como um dos principais determinantes modificáveis (ARGANO *et al.*, 2023; WU *et al.*, 2023).

Nas últimas décadas, houve uma importante transição alimentar caracterizada pelo aumento do consumo de alimentos ultraprocessados (AUP), definidos como formulações industriais produzidas predominantemente a partir de ingredientes refinados, aditivos alimentares, açúcares, gorduras e sódio, com pouca ou nenhuma participação de alimentos in natura ou minimamente processados. É importante destacar que de acordo com a Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018 (BRASIL, 2020), os AUP constituem o segundo grupo alimentar mais consumido pela população brasileira. Além disso, o elevado consumo desses alimentos tem sido associado ao aumento da incidência de obesidade, síndrome metabólica, doenças cardiovasculares e DM2 (MORADI *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2023; VITALE *et al.*, 2024).

Além dos impactos metabólicos, dietas ricas em AUP podem contribuir para a deficiência de vitamina D, condição frequentemente observada em indivíduos com DM2. Considerando a importância desse micronutriente na regulação da glicemia e da inflamação, torna-se relevante

compreender a relação entre esses fatores e suas implicações para a saúde metabólica.

Diante desse contexto, o presente capítulo tem como objetivo discutir as evidências científicas disponíveis acerca da relação entre o consumo de alimentos ultraprocessados e a deficiência de vitamina D em indivíduos com DM2.

MÉTODO

O presente capítulo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura que reuniu e analisou evidências científicas acerca da relação entre o consumo de AUP e a deficiência de vitamina D em indivíduos com Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2).

A busca bibliográfica foi realizada entre os meses de maio e junho de 2026 nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando combinações dos seguintes descritores em inglês: "*ultra-processed foods*", "*vitamin D*", "*vitamin D deficiency*", "*type 2 diabetes mellitus*", "*insulin resistance*" e "*metabolic health*". Os descritores foram combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, visando ampliar a recuperação de estudos relevantes para a temática.

Foram priorizados artigos publicados entre 2021 e 2025, incluindo estudos observacionais, coortes prospectivas, revisões sistemáticas, metanálises e artigos de revisão que abordassem os efeitos dos AUP sobre a saúde metabólica, sua relação com o estado nutricional relativo à vitamina D e o DM2, bem como os possíveis mecanismos fisiopatológicos que conectam essas variáveis. Adicionalmente, foram incluídos estudos clássicos considerados fundamentais para a compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos.

Foram excluídos estudos conduzidos em populações com diabetes mellitus tipo 1, diabetes mellitus gestacional ou outras condições clínicas não relacionadas ao metabolismo glicêmico, assim como aqueles cujo objeto de investigação não contemplava a relação entre alimentos ultraprocessados, vitamina D e diabetes mellitus tipo 2, por não atenderem aos objetivos propostos para este capítulo.

Após a seleção, os estudos foram analisados criticamente e organizados em cinco eixos temáticos compondo o tópico de Resultados e Discussão: (1) aspectos fisiopatológicos do diabetes mellitus tipo 2 e o papel da vitamina D; (2) consumo de alimentos ultraprocessados e diabetes mellitus tipo 2; (3) consumo de alimentos ultraprocessados e vitamina D; (4) mecanismos fisiopatológicos que relacionam o consumo de alimentos ultraprocessados à deficiência de vitamina D em indivíduos com DM2 e (5) limitações das evidências atuais e perspectivas para pesquisas futuras.

A síntese das evidências foi realizada de forma descritiva, buscando integrar os principais achados da literatura recente e discutir suas implicações para a saúde metabólica e para a prática clínica e nutricional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diabetes mellitus tipo 2: aspectos fisiopatológicos e papel da vitamina D

O DM2 é uma doença metabólica complexa caracterizada por hiperglicemia crônica decorrente da combinação entre resistência à insulina e disfunção progressiva das células β pancreáticas. O desenvolvimento da doença resulta da interação entre fatores genéticos, ambientais e comportamentais, sendo a obesidade, o sedentarismo e os padrões alimentares inadequados os principais fatores de risco modificáveis (ARGANO *et al.*, 2023).

A resistência à insulina constitui um dos eventos centrais da fisiopatologia do DM2 e caracteriza-se pela diminuição da capacidade de estruturas-alvo periféricas, especialmente o músculo esquelético, o tecido adiposo e fígado, em responder adequadamente à ação desse hormônio. Como consequência, ocorre redução da captação de glicose pelos tecidos periféricos e aumento da produção hepática de glicose, contribuindo para a hiperglicemia sustentada. Inicialmente, o organismo tenta compensar essa condição por meio do aumento da secreção de insulina pelas células β das ilhotas pancreáticas; entretanto, com a progressão da doença, ocorre esgotamento funcional dessas células, resultando em deficiência relativa de insulina (WU *et al.*, 2023).

Além das alterações glicêmicas, o DM2 está associado com a presença de um estado inflamatório crônico de baixo grau, caracterizado pelo aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias, presença de estresse oxidativo e disfunção endotelial. Esses processos contribuem para o desenvolvimento de complicações crônicas cardiovasculares, renais e neurológicas (RENKE *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a vitamina D tem despertado crescente interesse devido ao seu papel na regulação metabólica. Tradicionalmente reconhecida por sua participação na homeostase do cálcio e na saúde óssea, atualmente sabe-se que essa vitamina atua em diversos tecidos relacionados ao metabolismo da glicose. Receptores de vitamina D (VDR) foram identificados em células β pancreáticas, adipócitos, hepatócitos e fibras musculares, sugerindo participação direta na regulação da secreção e da ação da insulina (ARGANO *et al.*, 2023).

A vitamina D pode influenciar a secreção de insulina por meio da modulação do influxo de cálcio nas células β pancreáticas, além de contribuir para a manutenção da sensibilidade insulínica nos tecidos periféricos. Estudos também

demonstram sua atuação na redução da inflamação sistêmica e do estresse oxidativo, fatores intimamente relacionados à fisiopatologia do DM2 (WU *et al.*, 2023; COJIC *et al.*, 2021; GU *et al.*, 2022).

A deficiência de vitamina D é altamente prevalente entre indivíduos com DM2 e tem sido associada ao pior controle glicêmico, aumento da resistência à insulina e maior risco de complicações cardiovasculares. Embora a relação causal ainda seja objeto de investigação, as evidências atuais sugerem que concentrações séricas adequadas de 25(OH)D podem contribuir para a manutenção da saúde metabólica e para a redução do risco cardiometabólico (AR-GANO *et al.*, 2023; RENKE *et al.*, 2023).

A concentração sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] constitui o principal marcador do estado nutricional da vitamina D e é o parâmetro utilizado na maioria dos estudos clínicos e epidemiológicos envolvendo indivíduos com DM2. Os pontos de corte mais frequentemente empregados classificam concentrações inferiores a 20 ng/mL (50 nmol/L) como deficiência, valores entre 20 e 29 ng/mL como insuficiência e concentrações ≥ 30 ng/mL como suficientes, conforme proposto pela *Endocrine Society* (HOLICK *et al.*, 2011). Entretanto, recomendações do *Institute of Medicine* consideram concentrações séricas ≥ 20 ng/mL suficientes para a população geral (ROSS *et al.*, 2011). Essa diferença metodológica deve ser considerada na interpretação dos estudos, pois influencia diretamente a estimativa da prevalência de deficiência de vitamina D e limita a comparação entre investigações.

Consumo de alimentos ultraprocessados e diabetes mellitus tipo 2

Nas últimas décadas, o aumento da disponibilidade e do consumo de alimentos ultraprocessados tem sido apontado como um dos principais fatores relacionados à deterioração da

qualidade da dieta e ao aumento da prevalência de doenças crônicas não transmissíveis. Segundo a classificação NOVA, os alimentos ultraprocessados consistem em formulações industriais elaboradas predominantemente a partir de substâncias derivadas de alimentos e aditivos alimentares, contendo reduzida participação de alimentos in natura ou minimamente processados (LANE *et al.*, 2024).

Esses produtos apresentam elevada densidade energética, altos teores de açúcares livres, gorduras saturadas, sódio e aditivos químicos, além de baixo conteúdo de fibras, vitaminas e minerais. Tais características contribuem para o consumo excessivo de energia e contribuem para alterações metabólicas relacionadas ao desenvolvimento do DM2 (VITALE *et al.*, 2024).

Uma das evidências mais robustas sobre os efeitos metabólicos dos AUP foi demonstrada por Hall *et al.* (2019), que observaram maior ingestão calórica e aumento do ganho de peso em indivíduos submetidos a dietas compostas predominantemente por AUP. Esses resultados reforçam a hipótese de que as características estruturais e sensoriais desses produtos favorecem o consumo excessivo e o desenvolvimento da obesidade.

Associação consistente entre o consumo de AUP e risco aumentado de desenvolvimento de DM2 foi demonstrada em revisões sistemáticas com metanálises. Nesse contexto, em trabalho que incluiu cinco estudos (um estudo transversal e quatro estudos de coorte, totalizando 230.526 adultos de quatro países diferentes), Moradi *et al.* (2021) referiram que a maior ingestão de AUP foi significativamente associada a um risco aumentado de DM 2. Resultados semelhantes foram descritos por Chen *et al.* (2023), que encontraram meta-evidências de alta qualidade de que o consumo total de AUP está associado a um risco maior de DM2, apesar de que alguns subgrupos de AUP tenham sido

associados a um risco menor em meta-análise de três grandes estudos de coortes prospectivas dos Estados Unidos da América.

Além disso, revisões sistemáticas recentes apontam que o elevado consumo de AUP está associado a um risco maior de obesidade, síndrome metabólica, hipertensão arterial e mortalidade por doenças crônicas (MAMBRINI *et al.*, 2023; VITALE *et al.*, 2024; LANE *et al.*, 2024). Os mecanismos envolvidos incluem resistência à insulina, inflamação sistêmica de baixo grau, alterações da microbiota intestinal e maior acúmulo de gordura corporal. Dessa forma, as evidências disponíveis sugerem que a redução do consumo de AUP deve constituir uma importante estratégia nutricional para a prevenção e o manejo do DM2.

Consumo de alimentos ultraprocessados e vitamina D

O crescente interesse pela relação entre o consumo de AUP e estado nutricional tem despertado o interesse pela investigação dos possíveis impactos desses produtos sobre a ingestão e o metabolismo de micronutrientes essenciais. Entre eles, destaca-se a vitamina D, cuja deficiência tem sido considerada um importante problema de saúde pública em diferentes populações.

A fortificação de alimentos com vitamina D constitui uma estratégia adotada em diversos países para aumentar a ingestão populacional desse micronutriente, sendo empregada principalmente em cereais matinais, bebidas vegetais, margarinas e alguns produtos lácteos. Entretanto, permanecem escassas as evidências de que a fortificação de alimentos ultraprocessados seja suficiente para compensar a menor ingestão de alimentos naturalmente ricos em vitamina D observada em indivíduos com elevado consumo desses produtos. Até o momento, são

escassos os estudos que demonstram que a fortificação de alimentos ultraprocessados seja capaz de neutralizar os efeitos metabólicos decorrentes de padrões alimentares caracterizados por elevada participação desses produtos (PILZ *et al.*, 2018).

Dietas caracterizadas por elevada participação de AUP apresentam, em geral, menor densidade nutricional e menor consumo de alimentos naturalmente ricos em vitamina D, como peixes gordurosos, ovos e laticínios. Embora alguns alimentos ultraprocessados sejam fortificados com vitamina D em determinados países, as evidências disponíveis ainda são insuficientes para demonstrar que essa estratégia seja capaz de compensar a menor qualidade global da dieta observada em indivíduos com elevado consumo desses produtos. Além disso, o padrão alimentar associado ao elevado consumo de AUP caracteriza-se, frequentemente, pela substituição de alimentos in natura ou minimamente processados por produtos industrializados, resultando em menor ingestão de diversos micronutrientes essenciais, incluindo a vitamina D. Nesse contexto, a redução da qualidade global da dieta constitui um dos principais mecanismos que podem explicar a associação entre o consumo de alimentos ultraprocessados e menores concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] (GODOS *et al.*, 2022; PILZ *et al.*, 2018; MONTEIRO *et al.*, 2019).

A principal evidência disponível sobre essa associação foi apresentada por Nascimento *et al.* (2023), que avaliaram adultos e idosos de Teresina, capital do Piauí, estado da região nordeste do Brasil, e encontraram que uma alta ingestão de AUP foi associada a um risco duas vezes maior de deficiência de vitamina D em comparação com o baixo consumo de AUP. Os autores verificaram que indivíduos pertencentes aos maiores estratos de consumo desses alimentos apresentavam maior probabilidade de

concentrações séricas inadequadas de 25-hidroxivitamina D.

Além da menor qualidade nutricional da dieta, a obesidade surge como um importante mecanismo intermediário nessa relação. O consumo frequente de AUP favorece o ganho de peso corporal e o aumento da adiposidade, condição que pode reduzir a biodisponibilidade da vitamina D devido ao seu sequestro pelo tecido adiposo (MAMBRINI *et al.*, 2023).

Outro mecanismo potencial envolve a inflamação sistêmica crônica associada tanto ao consumo de alimentos ultraprocessados quanto à obesidade. Processos inflamatórios persistentes podem interferir no metabolismo da vitamina D, alterando sua ativação, sinalização e utilização pelos tecidos-alvo (ARGANO *et al.*, 2023). Adicionalmente, dietas caracterizadas por elevada participação de alimentos ultraprocessados favorecem alterações na composição da microbiota intestinal, aumento da permeabilidade da barreira intestinal e manutenção da inflamação crônica de baixo grau. Esses mecanismos comprometem a homeostase intestinal e podem influenciar o metabolismo de diferentes micronutrientes, incluindo a vitamina D, reforçando a plausibilidade biológica dessa associação (LANE *et al.*, 2024; WU *et al.*, 2023; ZINÖCKER; LINDSETH, 2018).

A interpretação dessa associação também deve considerar que a síntese cutânea induzida pela radiação ultravioleta B representa a principal fonte de vitamina D para o organismo humano. Dessa forma, fatores como latitude, estação do ano, tempo de exposição solar, uso de fotoprotetores, pigmentação cutânea, idade e prática de atividade física podem influenciar as concentrações séricas de 25(OH)D independentemente da alimentação. Assim, esses fatores devem ser considerados potenciais fatores de confusão na interpretação dos estudos observa-

cionais que investigam a associação entre consumo de alimentos ultraprocessados e deficiência de vitamina D (HOLICK, 2007).

Embora os estudos que avaliam simultaneamente alimentos ultraprocessados, vitamina D e diabetes mellitus tipo 2 ainda sejam limitados, os mecanismos atualmente descritos na literatura sugerem uma associação biologicamente plausível entre esses fatores. Assim, estratégias voltadas à redução do consumo de ultraprocessados e ao incentivo de padrões alimentares baseados em alimentos *in natura* ou minimamente processados podem representar importante ferramenta para a promoção da saúde metabólica e para a prevenção da deficiência de vitamina D em indivíduos diabéticos.

Relação entre o consumo de alimentos ultraprocessados e a deficiência de vitamina D em indivíduos com diabetes mellitus tipo 2

O crescente consumo de AUP observado nas últimas décadas tem sido associado a alterações metabólicas que aumentam o risco de desenvolvimento do DM2 e da ocorrência de deficiência de vitamina D, sugerindo a existência de mecanismos fisiopatológicos compartilhados (MORADI *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2023).

Um dos principais mecanismos envolvidos nessa associação refere-se à piora da qualidade global da dieta. Os AUP apresentam elevada densidade energética e reduzida densidade nutricional, caracterizando-se pelo baixo teor de vitaminas, minerais, fibras alimentares e compostos bioativos. Consequentemente, indivíduos com elevado consumo desses produtos tendem a apresentar menor ingestão de alimentos naturalmente ricos em vitamina D, como peixes de água fria, ovos, cogumelos e laticínios fortificados (GODOS *et al.*, 2022).

Outro mecanismo relevante envolve a obesidade, considerada um importante elo entre os

alimentos ultraprocessados, a deficiência de vitamina D e o DM2. Estudos epidemiológicos demonstram que dietas ricas em ultraprocessados favorecem o consumo excessivo de energia, contribuindo para o ganho de peso corporal e para o aumento da adiposidade (MAMBRINI *et al.*, 2023; VITALE *et al.*, 2024). Por sua vez, a obesidade está associada à redução da biodisponibilidade da vitamina D, uma vez que essa vitamina lipossolúvel pode ser sequestrada pelo tecido adiposo, reduzindo suas concentrações circulantes.

Além da adiposidade excessiva, o estado inflamatório crônico de baixo grau representa outro mecanismo potencialmente envolvido nessa relação. O consumo frequente de alimentos ultraprocessados tem sido associado ao aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias, à ativação de vias inflamatórias sistêmicas e ao aumento do estresse oxidativo (LANE *et al.*, 2024). Esses processos são igualmente observados em indivíduos com DM2 e têm sido relacionados a alterações no metabolismo da vitamina D, incluindo modificações em sua síntese, ativação e utilização pelos tecidos-alvo (ARGANO *et al.*, 2023).

A disbiose intestinal constitui um dos principais mecanismos biologicamente plausíveis dessa associação. Dietas ricas em alimentos ultraprocessados promovem alterações na composição e diversidade da microbiota intestinal, comprometendo a integridade da barreira epitelial e favorecendo o aumento da permeabilidade intestinal. Como consequência, ocorre maior translocação de lipopolissacarídeos bacterianos (LPS) para a circulação sistêmica, contribuindo para a manutenção da inflamação crônica de baixo grau. Evidências experimentais demonstram ainda que alterações na microbiota intestinal podem modular a expressão do receptor da vitamina D no epitélio intestinal, comprometendo mecanismos envolvidos na homeostase da mucosa intestinal e na resposta imunológica

local (WU *et al.*, 2023). Embora esses mecanismos ainda necessitem de confirmação em estudos clínicos envolvendo indivíduos com DM2, fornecem plausibilidade biológica para a associação entre alimentos ultraprocessados, deficiência de vitamina D e alterações metabólicas.

Do ponto de vista metabólico, a deficiência de vitamina D pode contribuir para o agravamento das alterações características do DM2. Estudos indicam que concentrações inadequadas desse micronutriente estão associadas à redução da secreção de insulina pelas células β pancreáticas, diminuição da sensibilidade insulínica e aumento da resistência à insulina (WU *et al.*, 2023). Adicionalmente, a deficiência de vitamina D pode intensificar o estado inflamatório sistêmico e o estresse oxidativo, fatores diretamente envolvidos na progressão das complicações diabéticas (RENKE *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a interação entre elevado consumo de alimentos ultraprocessados, deficiência de vitamina D e diabetes mellitus tipo 2 parece ocorrer por meio de uma complexa rede de mecanismos fisiopatológicos inter-relacionados. A redução da qualidade global da dieta, o aumento da adiposidade corporal, a inflamação sistêmica crônica, a disbiose intestinal, as alterações na expressão do receptor da vitamina D e fatores relacionados ao estilo de vida constituem mecanismos biologicamente plausíveis que podem atuar de forma integrada no desenvolvimento das alterações metabólicas observadas em indivíduos com DM2. Entretanto, ainda são necessários estudos longitudinais e ensaios clínicos que permitam esclarecer os mecanismos causais envolvidos e o impacto de intervenções nutricionais sobre o estado nutricional da vitamina D e o controle glicêmico.

Limitações das evidências atuais e perspectivas para pesquisas futuras

As evidências atualmente disponíveis apresentam limitações metodológicas que devem

ser consideradas na interpretação dos resultados. A principal lacuna consiste na escassez de estudos que investiguem simultaneamente o consumo de alimentos ultraprocessados, o estado nutricional da vitamina D e o diabetes mellitus tipo 2. A maior parte das publicações disponíveis avalia apenas associações parciais entre essas variáveis, impossibilitando compreender de forma abrangente a interação entre elas.

Outra limitação importante refere-se ao delineamento metodológico dos estudos disponíveis. Predominam estudos observacionais, especialmente estudos transversais, coortes prospectivas e revisões sistemáticas desses delineamentos, que permitem identificar associações, mas não estabelecer relações causais. Nesse contexto, estudos longitudinais são necessários para esclarecer a sequência temporal entre elevado consumo de alimentos ultraprocessados, alterações nas concentrações séricas de 25(OH)D e desenvolvimento ou agravamento do diabetes mellitus tipo 2. Da mesma forma, ensaios clínicos randomizados poderão esclarecer se intervenções nutricionais direcionadas à redução do consumo de alimentos ultraprocessados promovem melhora das concentrações séricas de vitamina D e do controle glicêmico.

Deve-se considerar, ainda, a ausência de padronização dos pontos de corte laboratoriais utilizados para definir insuficiência e deficiência de vitamina D entre os diferentes estudos, dificultando comparações diretas entre os resultados.

Outra lacuna refere-se à fortificação industrial de alimentos ultraprocessados com vitamina D. Embora essa estratégia seja utilizada em diversos países, ainda não existem evidências suficientes para demonstrar que a fortificação seja capaz de compensar a menor qualidade global da dieta observada em indivíduos com elevado consumo desses produtos.

Por fim, a exposição solar constitui importante fator de confusão na investigação dessa associação, uma vez que a síntese cutânea representa a principal fonte de vitamina D para o organismo humano. Fatores como latitude, sazonalidade, tempo de exposição solar, pigmentação cutânea, idade e prática de atividade física devem ser adequadamente controlados em estudos futuros. Além disso, fatores como idade, adiposidade corporal, uso de medicamentos e função renal também podem influenciar as concentrações séricas de vitamina D e devem ser considerados em futuros estudos.

Diante dessas lacunas, futuras pesquisas devem priorizar delineamentos prospectivos e ensaios clínicos randomizados que investiguem simultaneamente o consumo de alimentos ultraprocessados, o estado nutricional da vitamina D e desfechos relacionados ao diabetes mellitus tipo 2. Recomenda-se a utilização de instrumentos validados para avaliação do consumo alimentar, padronização dos pontos de corte séricos de 25(OH)D, controle de fatores de confusão, como exposição solar, adiposidade corporal, função renal, uso de medicamentos e prática de atividade física, além da investigação de mecanismos biológicos envolvidos nessa associação, incluindo alterações da microbiota intestinal, expressão do VDR, inflamação sistêmica e estresse oxidativo. A incorporação desses aspectos poderá fortalecer a qualidade metodológica das futuras investigações e fornecer evidências mais consistentes para subsidiar recomendações nutricionais e estratégias de prevenção e manejo do DM2.

CONCLUSÃO

As evidências científicas analisadas demonstram que o consumo elevado de alimentos ultraprocessados está associado ao aumento do risco de desenvolvimento do diabetes mellitus

tipo 2 e a diversos desfechos cardiometabólicos adversos. Paralelamente, a deficiência de vitamina D apresenta elevada prevalência entre indivíduos diabéticos e tem sido relacionada à resistência à insulina, ao aumento da inflamação sistêmica e ao pior controle glicêmico.

Embora os estudos que investigam simultaneamente essas três variáveis ainda sejam escassas, os dados disponíveis sugerem que os alimentos ultraprocessados podem contribuir para a deficiência de vitamina D por meio da redução da qualidade nutricional da dieta, do aumento da adiposidade corporal e da intensificação de processos inflamatórios. Esses mecanismos podem atuar de forma sinérgica, favorecendo a progressão das alterações metabólicas observadas no DM2.

Dessa forma, estratégias nutricionais voltadas à redução do consumo de alimentos ultraprocessados e à promoção de padrões alimentares baseados em alimentos in natura ou minima-

mente processados podem representar uma importante ferramenta para a prevenção da deficiência de vitamina D e para a melhoria do controle metabólico em indivíduos com diabetes mellitus tipo 2.

Além da necessidade de redução do consumo de AUP, os achados reforçam a necessidade de monitoramento periódico dos níveis séricos de 25(OH)D em pacientes com DM2, considerando que a correção da deficiência pode atuar como um coadjuvante no manejo da resistência à insulina e na mitigação da inflamação de baixo grau.

Por fim, destaca-se a necessidade de novos estudos prospectivos e ensaios clínicos que permitam compreender de maneira mais aprofundada a relação entre consumo de ultraprocessados, estado nutricional de vitamina D e diabetes mellitus tipo 2, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias nutricionais mais eficazes na prevenção e manejo dessa importante condição metabólica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGANO, C. *et al.* The role of vitamin D and its molecular bases in insulin resistance, diabetes, metabolic syndrome, and cardiovascular disease: state of the art. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, p. 15485, 2023. doi: 10.3390/ijms242015485.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- CHEN, Z. *et al.* Ultra-processed food consumption and risk of type 2 diabetes: three large prospective U.S. cohort studies. *Diabetes Care*, v. 46, p. 1335, 2023. doi: 10.2337/dc22-1993.
- COJIC, M. *et al.* The effects of vitamin D supplementation on metabolic and oxidative stress markers in patients with type 2 diabetes: a 6-month follow-up randomized controlled study. *Frontiers in Endocrinology*, v. 12, p. 610893, 2021. doi: 10.3389/fendo.2021.610893.
- GODOS, J. *et al.* Association between ultra-processed food consumption and adherence to the Mediterranean diet: a cross-sectional analysis. *Nutrients*, v. 14, 2022. doi: 10.3390/nu14102110.
- GU, J. *et al.* Effect of vitamin D on oxidative stress and serum inflammatory factors in patients with type 2 diabetes. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, v. 36, e24430, 2022. doi: 10.1002/jcla.24430.
- HALL, K.D. *et al.* Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: an inpatient randomized controlled trial. *Cell Metabolism*, v. 30, p. 67, 2019. doi: 10.1016/j.cmet.2019.05.008.
- HOLICK, M.F. Vitamin D deficiency. *The New England Journal of Medicine*, v. 357, p. 266, 2007. doi: 10.1056/NEJ-Mra070553.
- HOLICK, M.F. *et al.* Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 96, p. 1911, 2011. doi: 10.1210/jc.2011-0385.
- LANE, M.M. *et al.* Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: umbrella review of epidemiological meta-analyses. *BMJ*, v. 384, e077310, 2024. doi: 10.1136/bmj-2023-077310.
- MAMBRINI, S.P. *et al.* Ultra-processed food consumption and incidence of obesity and cardiometabolic risk factors in adults: a systematic review of prospective studies. *Nutrients*, v. 15, p. 2583, 2023. doi: 10.3390/nu15112583.
- MONTEIRO, C.A. *et al.* Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- MORADI, S. *et al.* Ultra-processed food consumption and adult diabetes risk: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Nutrients*, v. 13, p. 4410, 2021. doi: 10.3390/nu13124410.
- NASCIMENTO, L.M. *et al.* Consumption of ultra-processed products is associated with vitamin D deficiency in Brazilian adults and elderly. *British Journal of Nutrition*, v. 131, p. 1007, 2023. doi: 10.1017/S000711452300154X.
- PILZ, S. *et al.* Rationale and plan for vitamin D food fortification: a review and guidance paper. *Frontiers in Endocrinology*, v. 9, p. 373, 2018. doi: 10.3389/fendo.2018.00373.
- RENKE, G. *et al.* Effects of vitamin D on cardiovascular risk and oxidative stress. *Nutrients*, v. 15, p. 769, 2023. doi: 10.3390/nu15030769.
- ROSS, A.C. *et al.* The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 96, p. 53, 2011. doi: 10.1210/jc.2010-2704.
- VITALE, M. *et al.* Ultra-processed foods and human health: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Advances in Nutrition*, v. 15, p. 100176, 2024. doi: 10.1016/j.advnut.2023.09.009.
- WU, J. *et al.* Vitamin D in diabetes: uncovering the sunshine hormone's role in glucose metabolism and beyond. *Nutrients*, v. 15, p. 1997, 2023. doi: 10.3390/nu15081997.
- ZINÖCKER, M.K. & LINDSETH, I.A. The Western diet–microbiome–host interaction and its role in metabolic disease. *Nutrients*, v. 10, p. 365, 2018. doi: 10.3390/nu10030365.