

Fatores genéticos na suscetibilidade à cárie dentária: Uma revisão integrativa

Genetic factors in susceptibility to dental caries: An integrative review

DOI 10.5281/zenodo.14941357

Hugo Christiano Soares Melo ¹

Roberto Wagner Lopes Goes ²

Saulo Gonçalves Pereira ³

14

Resumo: A cárie dentária é uma das condições de saúde mais prevalentes mundialmente, influenciada por fatores ambientais e genéticos. Este estudo revisa as evidências científicas sobre os fatores genéticos associados à cárie dentária, abordando genes relacionados ao desenvolvimento do esmalte (AMELX, ENAM), composição salivar (AQP5, CA6), resposta imunológica (HLA), etc. . A metodologia baseou-se em uma revisão integrativa descritiva de artigos científicos relevantes nas bases PubMed, Google Scholar e BVS, utilizando os descritores “Dental Caries Susceptibility”, “Dental Caries” e “Genetics”, sem restrições temporais. Os resultados apontam que genes como AMELX e ENAM influenciam a resistência do esmalte, enquanto AQP5 e CA6 modulam a eficácia salivar, fatores críticos na defesa contra cárie. Estudos em gêmeos destacam uma alta concordância na incidência de cáries em monozigóticos, reforçando a importância genética mesmo sob diferentes condições ambientais. Conclui-se que os fatores genéticos são importantes na etiologia da cárie, e futuras investigações sobre interações gene-ambiente podem melhorar estratégias preventivas e tratamentos personalizados, contribuindo para a redução global da prevalência da doença.

¹ Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil. Docente na Faculdade Patos de Minas, em Patos de Minas - MG, coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP/FPM) e editor-chefe das revistas "Psicologia e Saúde em Debate" e "Scientia Generalis". Avaliador do banco de avaliadores do INEP. email: hugo.some@gmail.com

² Possui mestrado em Promoção de Saúde pela Universidade de Franca (2016). Atualmente é coordenador do Curso de Odontologia e membro do Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade Cidade Patos de Minas - FPM.

³ Doutor em Saúde Animal no programa de Ciências Veterinárias (morfologia), da UFU; Mestre em Ciências Veterinárias na área de concentração - Saúde Animal (UFU). Graduado em Ciências Biológicas Bacharel/Licenciatura - Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM - UEMG) e graduado em Pedagogia (UNICESUMAR. Integra o LAPAS - UFU, é membro do Comitê de Ética e Pesquisa da FPM. Atualmente é Coordenador Adjunto da Comissão de Ética no Uso de Animais -FPM, Editor da revista Scientia Generalis. É especialista prático em Gestão Ambiental pelo CRBio 04, conselho no qual é inscrito. E-mail: saulobiologo@yahoo.com.br.

Recebido em 13/01/2025

Aprovado em: 25/02/2025

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Palavras-chave: Suscetibilidade à Cárie Dentária; Cárie Dentária; Genética.

Abstract: Dental caries is one of the most prevalent health conditions worldwide, influenced by environmental and genetic factors. This study reviews scientific evidence on the genetic factors associated with dental caries, focusing on genes related to enamel development (AMELX, ENAM), salivary composition (AQP5, CA6), and immune response (HLA), among others. The methodology involved a descriptive review of relevant scientific articles from PubMed, Google Scholar, and BVS databases, using the keywords “Dental Caries Susceptibility,” “Dental Caries,” and “Genetics,” with no temporal restrictions. Results indicate that genes such as AMELX and ENAM influence enamel resistance, while AQP5 and CA6 modulate salivary efficacy, critical factors in caries defense. Twin studies highlight high concordance in caries incidence among monozygotic twins, underscoring the importance of genetics even under varying environmental conditions. It is concluded that genetic factors are pivotal in the etiology of dental caries, and future investigations into gene-environment interactions could enhance preventive strategies and personalized treatments, contributing to a global reduction in disease prevalence.

Keywords: Dental Caries Susceptibility; Dental Caries; Genetics.

1. Introdução

A cárie dentária é uma das condições de saúde mais prevalentes no mundo, afetando indivíduos de todas as faixas etárias e regiões geográficas. De acordo com a definição mais recente proposta pela Federação Dentária Internacional (FDI), a cárie é uma doença biofilme-açúcar-dependente que resulta em desmineralização localizada dos tecidos duros do dente devido à atividade metabólica das bactérias cariogênicas presentes no biofilme dental (FDI, 2021). Essa definição reflete avanços no entendimento da doença, que é agora amplamente reconhecida como multifatorial e influenciada por uma complexa interação entre fatores biológicos, comportamentais, sociais e genéticos (Chapple *et al.*, 2017).

Como problema de saúde pública, a cárie representa um desafio significativo devido à sua alta prevalência, em diversas regiões mundiais, e às suas consequências de longo prazo. Ela é a principal causa de dor e perda dentária em adultos e crianças, impactando negativamente a qualidade de vida, a nutrição, e o bem-estar geral. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que quase 2,3 bilhões de pessoas apresentam cáries em dentes permanentes, enquanto mais de 530 milhões de crianças sofrem com cáries na dentição decídua (OMS, 2021). A relevância desse problema é agravada em comunidades com acesso limitado a cuidados odontológicos e medidas preventivas, tornando imperativo o entendimento das causas subjacentes para um manejo mais eficaz (Shuler, 2001).

A cárie dentária é considerada uma doença resultante de um desequilíbrio dinâmico entre fatores determinantes e modificadores. Os fatores determinantes incluem elementos biológicos, como a presença de biofilmes cariogênicos e o consumo de açúcares fermentáveis, que levam à desmineralização do esmalte. Já os fatores modificadores abrangem aspectos como fluxo salivar, composição da saliva, genética e higiene oral, que atuam como barreiras protetoras para limitar o progresso da doença (Pitts *et al.*, 2017). Estudos sugerem que a interação entre esses fatores é crítica para classificar indivíduos em categorias de risco para cáries, permitindo abordagens mais personalizadas na prevenção e no tratamento (Selwitz *et al.*, 2007). Assim, a cárie é melhor compreendida como o resultado de um desequilíbrio entre fatores patológicos e protetores, reforçando a necessidade de intervenções multifacetadas que abordem tanto aspectos biológicos quanto comportamentais (Jepsen *et al.*, 2017).

Uma das ferramentas mais utilizadas para medir a incidência e severidade da cárie é o índice CPO, que avalia a presença de dentes cariados, perdidos e obturados. Este índice, amplamente adotado em estudos epidemiológicos, é crucial para monitorar o progresso das iniciativas de saúde bucal em diferentes populações e para identificar grupos de risco (Wang *et al.*, 2012). Por meio dessa medida, é possível quantificar a carga da doença e relacioná-la com fatores ambientais e genéticos, o que fornece informações úteis para a formulação de políticas públicas.

A influência de fatores hereditários no desenvolvimento da cárie tem sido cada vez mais reconhecida. Estudos sugerem que entre 35% e 55% da variação nos índices de cárie pode ser atribuída a fatores genéticos, que incluem variações nos genes associados ao desenvolvimento do esmalte dentário, à composição da saliva, à imunidade inata e à preferência alimentar (Yildiz *et al.*, 2016). Essa perspectiva genética amplia o entendimento tradicional da doença, que se concentrava majoritariamente em fatores ambientais e comportamentais.

Os genes relacionados ao desenvolvimento do esmalte dentário, como AMELX, ENAM e KLK4, têm sido identificados como cruciais para a resistência dos dentes à desmineralização. Além disso, genes associados à produção e à composição da saliva, como AQP5 e CA6, desempenham um papel essencial na proteção contra microrganismos cariogênicos (Opal *et al.*, 2015). A saliva, ao atuar como um meio de neutralização ácida e remineralização, é diretamente influenciada por fatores genéticos que modulam sua eficiência protetora.

Estudos em gêmeos fornecem evidências adicionais sobre a contribuição hereditária à cárie. Pesquisas mostram que gêmeos monozigóticos, que compartilham 100% de seu material

genético, apresentam maior semelhança em índices de cárie quando comparados a gêmeos dizigóticos (Bretz *et al.*, 2005). Isso reforça a hipótese de que fatores genéticos desempenham um papel significativo na etiologia da doença.

Por outro lado, o papel dos fatores genéticos na modulação do comportamento humano também merece atenção. Genes relacionados à preferência alimentar e à percepção de sabores, como TAS2R38, afetam diretamente os hábitos alimentares e, conseqüentemente, o risco de cárie (Wang *et al.*, 2010). Indivíduos com maior sensibilidade ao sabor doce, por exemplo, podem estar mais propensos ao consumo excessivo de açúcares, um dos principais fatores de risco para a cárie.

Explorar os fatores genéticos associados à cárie é fundamental não apenas para compreender melhor sua etiologia, mas também para o desenvolvimento de abordagens preventivas personalizadas. O advento de tecnologias genômicas tem permitido avanços significativos nesse campo, oferecendo perspectivas para a identificação precoce de indivíduos em risco e a implementação de medidas de saúde pública mais eficazes (Vieira, 2016).

Objetiva-se revisar os fatores hereditários associados à incidência de cárie dentária, discutindo suas implicações para a saúde pública e o manejo clínico da doença.

2. Metodologia

Este estudo foi conduzido como uma revisão descritiva. Os estudos incluídos foram selecionados por apresentarem dados pertinentes ao tema, abrangendo aspectos genéticos relacionados à suscetibilidade à cárie.

Para a coleta dos dados, foram utilizadas as bases de dados PubMed, Google Scholar e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Os termos de busca aplicados incluíram “Suscetibilidade à Cárie Dentária”, “Cárie Dentária” e “Genética”, selecionados com base nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH – Medical Subject Headings). Esses termos permitiram identificar publicações que abordam a relação entre fatores genéticos e o desenvolvimento de cárie.

Não foram estabelecidos critérios temporais para a inclusão dos estudos, visando abranger tanto as descobertas mais recentes quanto os achados clássicos da literatura. A ampla busca permitiu reunir um conjunto diversificado de artigos científicos, contribuindo para uma análise abrangente e detalhada dos fatores hereditários da cárie dentária.

3. Resultados e Discussão

3.1 Genética e Desenvolvimento do Esmalte

O esmalte dentário é o tecido mais duro e mineralizado do corpo humano, desempenhando um papel crucial na proteção contra fatores cariogênicos. Sua principal composição mineral é a hidroxiapatita, um fosfato de cálcio cristalino cuja fórmula química é $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Esse mineral constitui cerca de 96% do esmalte, enquanto os 4% restantes incluem água e matéria orgânica, o que confere ao tecido uma estrutura altamente resistente, porém suscetível à desmineralização em condições ácidas (Pitts *et al.*, 2017).

A formação do esmalte é altamente regulada por genes específicos, sendo os principais AMELX, ENAM, KLK4 e MMP20. Esses genes codificam proteínas que participam diretamente dos processos de formação e maturação do esmalte. Por exemplo, o gene AMELX, localizado no cromossomo X, está envolvido na produção da amelogenina, uma proteína essencial para a organização dos cristais de hidroxiapatita durante o desenvolvimento do esmalte. Alterações nesses genes podem impactar negativamente a mineralização, tornando o esmalte mais suscetível à desmineralização e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de cáries (Vieira, 2016).

Estudos indicam que mutações nesse gene estão associadas a alterações na estrutura do esmalte, tornando-o mais suscetível à ação de ácidos produzidos por bactérias cariogênicas (Vieira *et al.*, 2016). A deficiência na expressão da amelogenina pode resultar em esmalte hipomineralizado, com maior propensão à formação de cáries.

O gene ENAM, localizado no cromossomo 4, codifica a enamelinina, uma proteína estrutural essencial para a formação da matriz do esmalte. Pesquisas apontam que polimorfismos no ENAM estão correlacionados a variações na espessura e dureza do esmalte. Indivíduos com mutações nesse gene frequentemente apresentam hipoplasia do esmalte, aumentando a vulnerabilidade à cárie (Yildiz *et al.*, 2016).

O KLK4, um gene localizado no cromossomo 19, codifica uma protease serina envolvida na degradação das proteínas da matriz do esmalte durante a fase de maturação. Alterações na expressão do KLK4 podem comprometer a remoção dessas proteínas, resultando em um esmalte menos mineralizado e mais suscetível à desmineralização (Wang *et al.*, 2012).

Por fim, o gene MMP20, também conhecido como enamelysina, é crucial na clivagem inicial das proteínas da matriz do esmalte, permitindo sua reorganização para deposição mineral. Polimorfismos no MMP20 têm sido associados a defeitos no esmalte, incluindo hipomineralização, o que aumenta o risco de cárie (Borilova Linhartova *et al.*, 2020).

A interação entre esses genes e fatores ambientais, como dieta e higiene oral, também desempenha um papel significativo na suscetibilidade individual à cárie. Estudos em famílias e gêmeos reforçam a contribuição genética na determinação das características do esmalte, destacando a importância de compreender esses mecanismos para o desenvolvimento de estratégias preventivas personalizadas. Pesquisas futuras devem continuar explorando essas interações para identificar potenciais alvos terapêuticos.

3.2 Outros genes

Alguns outros genes desempenham um papel crítico na determinação da suscetibilidade individual à cárie dentária, modulando fatores como percepção do sabor, composição da saliva e resposta imunológica. Dentre os genes mais estudados, DEFB1 e TAS2R38 se destacam por suas associações diretas com o risco de desenvolvimento de cáries em populações específicas.

O gene DEFB1, responsável pela codificação de beta-defensinas, proteínas envolvidas na resposta imunológica inata, apresenta polimorfismos associados à suscetibilidade à cárie. Estudos indicam que variações no promotor do DEFB1, como G-20A, afetam a expressão das beta-defensinas e, conseqüentemente, a capacidade do organismo de combater bactérias cariogênicas (Yildiz *et al.*, 2016). Esses achados sugerem que a menor produção de beta-defensinas pode comprometer a resistência às infecções orais, aumentando o risco de cárie.

O TAS2R38, gene relacionado à percepção de sabores amargos, tem sido amplamente associado a escolhas alimentares que impactam a saúde bucal. Polimorfismos como A49P influenciam diretamente a sensibilidade aos compostos amargos encontrados em alimentos e bebidas, moldando preferências alimentares e o consumo de açúcares. Indivíduos com menor sensibilidade ao amargo tendem a consumir mais alimentos doces, o que pode elevar o risco de cárie (Wang *et al.*, 2010). Estudos confirmam que essa relação pode ser modulada por fatores culturais e ambientais, mas a base genética é evidente.

Pesquisas também identificaram que polimorfismos em genes como TAS2R38 podem interagir com fatores ambientais, como higiene oral e dieta, amplificando ou reduzindo o

impacto desses fatores na saúde bucal (Yildiz *et al.*, 2016). Essas descobertas ressaltam a importância de abordagens personalizadas no manejo preventivo da cárie dentária.

Além disso, o impacto dos polimorfismos em DEFB1 e TAS2R38 pode variar significativamente entre populações. Estudos comparativos entre grupos étnicos indicam que a frequência desses polimorfismos é influenciada por fatores genéticos ancestrais, o que ajuda a explicar diferenças nos padrões de prevalência de cárie entre regiões geográficas (Wang *et al.*, 2012).

A compreensão dos mecanismos subjacentes aos polimorfismos genéticos abre portas para intervenções mais eficazes na prevenção da cárie, incluindo o desenvolvimento de estratégias de saúde pública adaptadas às necessidades genéticas e culturais de populações específicas.

3.3 Imunidade e Saliva

A saliva e a resposta imunológica desempenham papéis fundamentais na defesa contra os microrganismos cariogênicos, e sua eficácia é modulada por fatores genéticos. Os genes relacionados ao sistema imunológico, como os do complexo principal de histocompatibilidade (HLA), são críticos na orquestração da resposta imune, influenciando a suscetibilidade à cárie. Estudos mostram que variações nos alelos do HLA podem alterar a eficácia do reconhecimento de antígenos bacterianos, impactando diretamente a capacidade de combate às infecções orais (Opal *et al.*, 2015).

A saliva atua como a primeira linha de defesa contra a colonização bacteriana, e sua composição bioquímica é amplamente influenciada por genes específicos. O gene AQP5, que codifica uma aquaporina envolvida na regulação do fluxo salivar, tem sido associado a diferenças no volume de saliva produzido. Alterações na expressão do AQP5 podem levar à hipossalivação, uma condição frequentemente relacionada ao aumento da incidência de cárie (Yildiz *et al.*, 2016).

Outro gene relevante é o CA6, que codifica a anidrase carbônica VI, uma enzima salivar responsável pela regulação do pH na cavidade oral. Estudos indicam que polimorfismos no CA6 podem comprometer a capacidade tampão da saliva, aumentando a vulnerabilidade à desmineralização dental em ambientes ácidos (Vieira, 2016).

Alterações no fluxo salivar, como xerostomia, são frequentemente associadas a fatores genéticos. Além disso, condições genéticas que afetam glândulas salivares podem prejudicar a composição da saliva, reduzindo a presença de proteínas antimicrobianas e enzimas protetoras. Isso pode exacerbar o risco de colonização bacteriana e desenvolvimento de cárie, especialmente em indivíduos geneticamente predispostos (Shuler, 2001).

Pesquisas envolvendo famílias e gêmeos confirmam que a produção salivar e a composição bioquímica são altamente herdáveis, sugerindo que a suscetibilidade à cárie associada à saliva tem uma base genética significativa (Bretz *et al.*, 2005). A identificação de marcadores genéticos relacionados à saliva pode permitir a personalização de estratégias preventivas e terapêuticas.

A saliva contém proteínas imunológicas, como imunoglobulinas, e enzimas antimicrobianas, como a lisozima, a lactoferrina e a peroxidase salivar, que desempenham papéis críticos na proteção contra microrganismos cariogênicos. Alterações genéticas nos genes que regulam essas proteínas podem comprometer sua produção ou funcionalidade, aumentando o risco de cárie. Por exemplo, mutações no gene LTF, que codifica a lactoferrina, foram associadas a uma menor capacidade antimicrobiana na saliva (Vieira, 2016).

A capacidade tampão da saliva, essencial para neutralizar ácidos produzidos por bactérias cariogênicas, também é influenciada geneticamente. O gene CA6, além de sua relação com o pH salivar, interage com outros fatores genéticos para determinar a resiliência da saliva em ambientes ácidos. Indivíduos com variantes genéticas que resultam em uma menor expressão da anidrase carbônica VI apresentam maior suscetibilidade à cárie, especialmente em dietas ricas em açúcares fermentáveis (Peres *et al.*, 2010).

Além disso, fatores genéticos modulam a produção de mucinas salivares, glicoproteínas responsáveis pela formação do biofilme protetor sobre os dentes. Polimorfismos em genes relacionados à produção de mucinas podem comprometer essa proteção natural, facilitando a adesão bacteriana e, conseqüentemente, o desenvolvimento de cárie. Estudos têm explorado variantes genéticas nos genes MUC5B e MUC7 como fatores de risco em populações específicas (Shuler, 2001).

A interação entre fatores genéticos e ambientais, como dieta, higiene oral e uso de fluoretos, desempenha um papel crítico na modulação da resposta imunológica e da eficácia salivar. Indivíduos geneticamente predispostos podem se beneficiar de estratégias

personalizadas que visem fortalecer os mecanismos protetores da saliva e reduzir a carga bacteriana na cavidade oral (Opal *et al.*, 2015).

Os avanços na genômica têm permitido identificar marcadores genéticos específicos que podem ser utilizados para prever a suscetibilidade individual à cárie e orientar medidas preventivas. A análise genômica integrada com estudos sobre o microbioma salivar pode oferecer novas perspectivas para o manejo personalizado da saúde bucal, reduzindo o impacto da cárie em populações vulneráveis (Bretz *et al.*, 2005).

3.4 Estudos em Gêmeos

Estudos envolvendo gêmeos têm sido fundamentais para compreender a influência dos fatores genéticos na suscetibilidade à diversas características, dentre elas, a suscetibilidade à cáries. Gêmeos monozigóticos, que compartilham 100% do material genético, e dizigóticos, que compartilham em média 50%, permitem separar os efeitos de fatores genéticos e ambientais em estudos controlados (Bretz *et al.*, 2005).

Um dos estudos mais significativos nesta área sugere uma herdabilidade de até 55% na suscetibilidade à cárie, indicando que fatores genéticos explicam uma parte substancial da variabilidade na incidência da doença, mesmo quando condições ambientais, como dieta e higiene oral, são controladas (Shuler, 2001).

Outro estudo analisou gêmeos criados em ambientes distintos e encontrou alta concordância em índices de cárie entre gêmeos monozigóticos, reforçando a contribuição genética para a doença. Esses achados sugerem que genes relacionados à estrutura do esmalte, composição salivar e resposta imunológica desempenham papéis cruciais na suscetibilidade à cárie (Vieira, 2016).

Estudos longitudinais realizados em gêmeos também têm investigado como a interação entre genes e ambiente influencia o desenvolvimento de cáries ao longo do tempo. Por exemplo, foi observado que gêmeos monozigóticos apresentaram taxas de progressão de cáries semelhantes, mesmo em situações onde os cuidados bucais eram diferentes, sugerindo que a genética tem um impacto duradouro (Wang *et al.*, 2012).

Além disso, estudos com gêmeos têm explorado como variantes genéticas específicas, como aquelas associadas aos genes AMELX e ENAM, influenciam a resistência do esmalte à desmineralização. Esses estudos destacam que fatores genéticos não apenas determinam a

suscetibilidade inicial à cárie, mas também modulam a resposta aos tratamentos preventivos, como fluoretação (Yildiz *et al.*, 2016).

Estudos recentes envolvendo gêmeos também têm utilizado tecnologias de sequenciamento genético para identificar novos loci associados à cárie. Essas pesquisas têm apontado para uma interação complexa entre múltiplos genes, reforçando a ideia de que a cárie é uma doença multifatorial com um forte componente genética (Opal *et al.*, 2015).

Esses estudos com gêmeos não apenas ajudam a esclarecer os mecanismos biológicos subjacentes à doença, mas também fornecem informações críticas para o desenvolvimento de intervenções personalizadas que considerem tanto fatores genéticos quanto ambientais. Avanços futuros nessa área poderão melhorar significativamente as estratégias de prevenção e tratamento da cárie em populações globalmente diversificadas (Bretz *et al.*, 2005).

3.5 Variação entre dentição decídua e permanente

A dentição decídua (ou primária) e a dentição permanente apresentam diferenças significativas em sua susceptibilidade à cárie, e essas diferenças podem ser atribuídas, em parte, a fatores genéticos distintos. Estudos mostram que a herdabilidade da cárie na dentição decídua é consideravelmente maior, chegando a 70%, enquanto na dentição permanente varia entre 35% e 55% (Wang *et al.*, 2012).

Uma possível explicação para essa diferença é a variação nos genes responsáveis pela formação e proteção do esmalte nas duas dentições. O esmalte primário, mais fino e menos mineralizado, é geneticamente distinto do esmalte permanente, o que pode influenciar na maior vulnerabilidade das crianças à cárie (Vieira, 2016).

Polimorfismos em genes como AMELX, ENAM e KLK4 têm sido associados à resistência do esmalte em ambas as dentições, mas estudos indicam que suas expressões podem variar ao longo do desenvolvimento dental. Por exemplo, a expressão do AMELX parece ser mais crítica na formação inicial do esmalte primário do que no permanente (Yildiz *et al.*, 2016).

Além disso, a interação entre fatores genéticos e ambientais, como a dieta e a exposição ao flúor, parece ter um papel diferencial entre as duas dentições. Estudos demonstram que crianças com variantes em genes associados ao transporte de íons, como o SLC24A4, podem ter maior vulnerabilidade ao desenvolvimento de cáries na dentição decídua em comparação à permanente (Opal *et al.*, 2015).

Outro fator importante é a microbiota oral, que também é modulada geneticamente. Pesquisas indicam que a composição bacteriana na cavidade oral pode variar entre as dentições decídua e permanente devido a diferenças no ambiente oral, como mudanças no fluxo salivar e composição mineral do esmalte, ambas influenciadas por fatores genéticos (Wang *et al.*, 2010).

Estudos longitudinais que acompanham crianças desde a dentição decídua até a permanente indicam que fatores genéticos que influenciam o desenvolvimento do esmalte e da saliva podem ter efeitos transitórios ou permanentes, dependendo do estágio de desenvolvimento. Por exemplo, polimorfismos no gene MMP20, que codifica uma metaloproteinase crucial para o esmalte, foram associados a maior risco de cárie na dentição decídua, mas não necessariamente na permanente (Bretz *et al.*, 2005).

A composição da saliva também desempenha um papel crítico na variação entre as dentições. Genes como AQP5, envolvidos na regulação do fluxo salivar, mostram maior influência na proteção da dentição permanente devido às maiores demandas do ambiente oral nessa fase. Contudo, na dentição decídua, outros genes, como aqueles que regulam imunoglobulinas salivares, têm papel predominante (Yildiz *et al.*, 2016).

Pesquisas em gêmeos monozigóticos têm reforçado a diferença genética entre as dentições. Um estudo mostrou que a concordância para índices de cárie era maior na dentição decídua, sugerindo maior influência genética nesta fase, enquanto na dentição permanente, fatores ambientais pareciam ter um impacto mais significativo (Shuler, 2001).

O avanço nas tecnologias genômicas e a análise de interações gene-ambiente prometem elucidar ainda mais as diferenças entre as dentições decídua e permanente. Compreender essas variações pode fornecer subsídios valiosos para o desenvolvimento de intervenções preventivas personalizadas, que considerem as necessidades específicas de cada fase do desenvolvimento dental (Vieira, 2016).

4. Considerações Finais

Este estudo destacou a relevância dos fatores genéticos na etiologia da cárie dentária, evidenciando que a herança genética desempenha um papel significativo na variabilidade da suscetibilidade à doença. Entre as principais descobertas, ressalta-se a alta herdabilidade da cárie, especialmente na dentição decídua, que pode atingir até 70%, e a identificação de genes específicos, como AMELX, ENAM, KLK4 e AQP5, que influenciam diretamente a formação

do esmalte e a composição salivar. Estudos em gêmeos reforçam a importância da genética, demonstrando alta concordância em índices de cárie mesmo sob diferentes condições ambientais.

No entanto, a cárie dentária é uma condição multifatorial, e a interação entre fatores genéticos e ambientais, como dieta, higiene oral e exposição ao flúor, é essencial para determinar a progressão e severidade da doença. A identificação de polimorfismos genéticos associados à cárie, tanto na dentição decídua quanto na permanente, fornece subsídios valiosos para o desenvolvimento de abordagens preventivas personalizadas.

As implicações práticas dessas descobertas são vastas. Políticas de saúde pública podem se beneficiar ao incorporar o conhecimento genético na formulação de programas preventivos, priorizando grupos populacionais com maior risco genético. Além disso, práticas clínicas podem evoluir para incluir testes genéticos que identifiquem indivíduos suscetíveis, permitindo intervenções precoces e direcionadas.

Estudos futuros são cruciais para aprofundar a compreensão da interação entre genes e ambiente, bem como para explorar novos marcadores genéticos que possam influenciar a suscetibilidade à cárie. A integração de tecnologias de sequenciamento genômico e análises de microbioma bucal promete expandir ainda mais nosso entendimento sobre a doença, possibilitando o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes e personalizados.

A compreensão dos fatores genéticos da cárie dentária representa um passo significativo para a odontologia preventiva e personalizada. Avanços nessa área têm o potencial de reduzir drasticamente a prevalência da cárie, melhorando a qualidade de vida de milhões de pessoas em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

BORILOVA LINHARTOVA, P.; DEISSOVA, T.; KUKLETOVA, M.; IZAKOVICOVA HOLLA, L. Matrix metalloproteinases gene variants and dental caries in Czech children. **BMC Oral Health**, v. 20, n. 1, p. 138, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01130-6>

BRETZ, W.; CORBY, P.; SCHORK, N.; ROBINSON, M.; COELHO, M.; COSTA, S.; FILHO, M. R. M.; WEYANT, R.; HART, T. Longitudinal Analysis of Heritability for Dental Caries Traits. **Journal of Dental Research**, v. 84, p. 1047–1051, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/154405910508401115>

CHAPPLE, I. *et al.* Interaction of lifestyle, behaviour or systemic diseases with dental caries and periodontal diseases: consensus report of group 2 of the joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal diseases. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 44, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12685>. Acesso em: 30 jan. 2025.

JEPSEN, S. *et al.* Prevention and control of dental caries and periodontal diseases at individual and population level: consensus report of group 3 of joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal diseases. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 44, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12687>. Acesso em: 30 jan. 2025.

OPAL, S.; GARG, S.; JAIN, J.; WALIA, I. Genetic factors affecting dental caries risk. **Australian dental journal**, v. 60 1, p. 2–11, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/adj.12262>

PERES, R. C. R.; CAMARGO, G.; MOFATTO, L. S.; CORTELLAZZI, K. L.; SANTOS, M. C. L. G.; SANTOS, M. N.; BERGAMASCHI, C. C.; LINE, S. R. P. Association of polymorphisms in the carbonic anhydrase 6 gene with salivary buffer capacity, dental plaque pH, and caries index in children aged 7–9 years. **The Pharmacogenomics Journal**, v. 10, p. 114–119, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/tpj.2009.37>

PITTS, N.; ZERO, D.; MARSH, P.; EKSTRAND, K.; WEINTRAUB, J.; RAMOS-GOMEZ, F.; TAGAMI, J.; TWETMAN, S.; TSAKOS, G.; ISMAIL, A. Dental caries. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 3, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.30>. Acesso em: 30 jan. 2025.

SELWITZ, R.; ISMAIL, A.; PITTS, N. Dental caries. **The Lancet**, v. 369, p. 51–59, 2007. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60031-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60031-2)

SHULER, C. Inherited risks for susceptibility to dental caries. **Journal of dental education**, v. 65 10, p. 1038–45, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/J.0022-0337.2001.65.10.TB03447.X>

VIEIRA, A. R. Genetic Influences on Dental Caries. p. 1–5, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9780470015902.A0024258>

WANG, X.; SHAFFER, J.; WEYANT, R.; CUENCO, K.; DESENSI, R. H.; CROUT, R.; MCNEIL, D.; MARAZITA, M. Genes and Their Effects on Dental Caries May Differ between Primary and Permanent Dentitions. **Caries Research**, v. 44, p. 277–284, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000314676>

WANG, X.; WILLING, M.; MARAZITA, M.; WENDELL, S.; WARREN, J.; BROFFITT, B.; SMITH, B. J.; BUSCH, T.; LIDRAL, A.; LEVY, S. Genetic and Environmental Factors Associated with Dental Caries in Children: The Iowa Fluoride Study. **Caries Research**, v. 46, p. 177–184, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000337282>

YILDIZ, G.; ERMIS, R.; CALAPOGLU, N. S.; CELIK, E. U.; TÜREL, G. Y. Gene-environment Interactions in the Etiology of Dental Caries. **Journal of Dental Research**, v. 95, p. 74–79, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0022034515605281>