

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**  
**Faculdade de Odontologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Odontologia**  
**Nível Doutorado**  
**Área de Concentração Saúde Bucal Coletiva**

Caroline Stein

**O papel da dieta como mediadora da associação entre desigualdades sociais e  
cárie dentária**

**The role of diet as a mediator of the association between social inequalities  
and dental caries**

Porto Alegre

2020

Caroline Stein

**O papel da dieta como mediadora da associação entre desigualdades sociais e  
cárie dentária**

**The role of diet as a mediator of the association between social inequalities  
and dental caries**

Linha de pesquisa: Epidemiologia, Etiopatogenia e Repercussão das Doenças da  
Cavidade Bucal e Estruturas Anexas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Nível Doutorado, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como pré-requisito final para a obtenção do título de doutor em Saúde Bucal Coletiva.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Neves Hugo

Porto Alegre

2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

### CIP - Catalogação na Publicação

Stein, Caroline

O papel da dieta como mediadora da associação entre desigualdades sociais e cárie dentária / Caroline Stein. -- 2020.

93 f.

Orientador: Fernando Neves Hugo.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Disparidades nos Níveis de Saúde. 2. Dieta. 3. Saúde Bucal. 4. Sacarose. 5. Cárie Dentária. I. Hugo, Fernando Neves, orient. II. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado por meio do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O recebimento de bolsa de estudos foi fundamental para a dedicação exclusiva ao doutorado, assim como para a oportunidade de desenvolver diversas atividades de ensino e pesquisa durante este período. Além disso, a bolsa de doutorado sanduíche que oportunizou a experiência única de ensino e pesquisa na University of Washington e no Institute for Health Metrics and Evaluation, em Seattle, Estados Unidos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia e ao Programa de Pós-graduação em Odontologia (PPG Odontologia) onde tive inúmeras oportunidades de aprendizado, por meio das disciplinas cursadas, palestras e conferências, experiências, congressos, reuniões e discussões de pesquisa.

Ao Centro de Pesquisa em Odontologia Social (CPOS), pela constante acolhida e espaço de muito trabalho e pesquisa relacionado a Saúde Bucal Coletiva, e especialmente ao Fernando Neves Hugo, Camila Mello dos Santos, Karla Frichebruder, Vânia Guimarães, Michelle Meirelles e bolsistas de pesquisa do CPOS.

Em especial ao meu orientador de doutorado, Fernando Neves Hugo, como Professor e principalmente como Pesquisador, por toda orientação, dedicação, encorajamento, ensinamentos, confiança e todo o suporte e apoio para minha formação, principalmente em relação à pesquisa científica.

À Comissão Examinadora da Defesa de Tese, composta por Fernando Neves Hugo, Roger Keller Celeste, Michele Drehmer, Andreia Morales Cascaes e Daniel Demétrio Faustino da Silva, pelo aceite e todas contribuições que serão feitas, que com certeza enriquecerão o trabalho realizado.

A todos os professores e pesquisadores do PPG Odontologia UFRGS, especialmente ao Fernando Neves Hugo, Juliana Hilgert e Roger Celeste, por todos

os ensinamentos, incentivos, oportunidades, exemplos e orientações relacionadas a carreira acadêmica e profissional.

A todos os professores e pesquisadores que fizeram parte dessa jornada acadêmica e com quem tive a oportunidade de trabalhar e aprender, especialmente à Joana Cunha-Cruz, Nicholas Kassebaum, Tania Bighetti, Eduardo de Castilhos, Cristine Warmling, Aline Martins, Camila Mello e Fabiana Pires.

A todos os colaboradores de pesquisa com quem tive a oportunidade de trabalhar durante esse período, especialmente ao Ewerton Cousin, Daniel Faustino-Silva, Aline Mararevich, Rafaela Rech, Beatriz Colvara, Karoline Weber, Andressa Arduim e Laura Bonzanini.

Às amigas e amigos, que de perto ou de longe me acompanharam durante esses anos, por todo apoio, carinho e diversão.

Ao meu noivo, companheiro, amigo e também doutorando Ewerton, por tua companhia, amor, dedicação, inúmeras conversas sobre a carreira acadêmica e pesquisa, enfrentamento de altos e baixos pelos quais passamos juntos, sem dúvidas o doutorado ao teu lado foi muito melhor. À família do Ewerton, que também considero minha família, por todo apoio e carinho, em especial a Ana, Mauro, tia Verinha e Sissi, que nos acompanharam de perto durante todo esse tempo.

E por fim, a minha amada e querida família em especial ao meu pai Paulo, mãe Nair, irmãs Fabíola e Jaqueline, por todo apoio incondicional, amor, alegrias, estímulo para sempre seguir em frente e compressão sobre a carreira acadêmica que estou trilhando, vocês são demais.

## RESUMO

As desigualdades em saúde bucal entre grupos de indivíduos são bem conhecidas, mas pouca informação está disponível sobre as contribuições e as inter-relações dos mecanismos pelos quais essas disparidades determinam doenças bucais. Um dos principais determinantes comuns de doenças é a dieta, que pode levar a morte prematura e a incapacidades, também sendo causa da obesidade e do sobrepeso, o que aumenta os riscos para as doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs). Para a saúde bucal, a relação entre consumo de açúcar e cárie dentária é reconhecida, mas poucos estudos avaliaram se a associação entre pobreza e cárie dentária é mediada pela dieta e ingestão de açúcar. Dessa forma o objetivo deste estudo foi avaliar se o consumo de açúcar e a dieta são mediadores da associação entre desigualdades sociais e cárie dentária em adultos. O estudo utilizou dados transversais do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2015-2016, Estados Unidos, e do Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) 2004-2009, Baltimore (Estados Unidos), da população adulta com idade entre 30 e 64 anos. Um modelo de equações estruturais foi proposto para testar caminhos específicos (isto é, mediação) entre um conjunto de conceitos, tratados como variáveis latentes, status socioeconômico (SES) e percepção de saúde bucal, ou observadas como: sexo, idade, Índice de Alimentação Saudável (HEI-Healthy Eating Index), consumo de açúcar (g/dia), uso de serviços de saúde bucal, Índice de Massa Corporal, diabetes, cárie dentária e perda dentária. As análises foram realizadas usando Mplus 7.1. Em ambos estudos, HANDLS e NHANES, no modelo estrutural os índices de ajuste indicaram boa representação dos dados para a amostra completa, (TLI=0.935, CFI=0.955, RSEMA=0.032, WRMR=1.539) e (TLI=0.924, CFI=0.950, RMSE=0.039, WRMR=1,636), respectivamente. No estudo HANDLS (n=3.720), maior SES teve associação inversa com cárie dentária não tratada [coeficiente padronizado (SC=-0,42, p<0,001), com maior efeito direto (SC=-0,27, p<0,001), mas também por caminhos indiretos (SC=-0,14, p<0,001) via HEI e serviços de saúde bucal. Mais especificamente, um maior SES mostrou um efeito direto no HEI (SC=0,32, p<0,001), que foi um fator protetor (SC=-0,14, p<0,001) contra a cárie dentária não tratada. No estudo NHANES (n=3.367), maior SES teve associação inversa com cárie dentária não tratada (SC=-0,37, p<0,001), tanto em um caminho direto (SC=-0,19, p<0,001) quanto indireto (SC=-0,17, p<0,001) via dieta saudável (HEI), açúcar adicionado e serviços de saúde bucal. Houve um efeito direto positivo de um maior SES na dieta saudável (SC=0,16, p<0,001), que por sua vez foi um fator protetor (SC=-0,13, p<0,001) para cárie dentária não tratada. Por outro lado, maior SES não apresentou efeito direto sobre açúcar adicionado, mas houve um efeito entre açúcar adicionado e cárie dentária não tratada (SC=0.14, p<0.001). Conclui-se que a dieta saudável foi mediadora da associação entre desigualdades socioeconômicas e cárie dentária não tratada e que o açúcar adicionado foi um fator contribuinte para o desenvolvimento de cárie, mas não estava relacionado ao SES. Essa evidência apoia abordagens abrangentes de atenção à saúde, que integrem a saúde geral e bucal em intervenções de dieta, como estratégia para reduzir as disparidades na saúde.

**Palavras-chave:** Disparidades nos Níveis de Saúde, Dieta, Sacarose, Saúde Bucal, Cárie Dentária, Perda de Dente, NHANES, Inquéritos Epidemiológicos.

## ABSTRACT

Inequalities in oral health among groups of individuals are well known, but little information is available on the contributions and interrelationships of the mechanisms by which these disparities determine oral diseases. One of the main determinants of common diseases is the diet, which can lead to premature death and disability, also causing obesity and overweight, which increases the risks for non-communicable diseases (NCDs). For oral health, the relationship between sugar consumption and dental caries is recognized, but few studies have evaluated whether the association between poverty and dental caries is mediated by diet and sugar intake. Therefore, the purpose of this study is to evaluate whether sugar consumption and diet are mediators of the association between social inequalities, dental caries in adults. The study used cross-sectional data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2015-2016, United States, and Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) 2004-2009, Baltimore (United States), with adult population aged between 30 and 64 years. A structural equation model was proposed to test specific pathways (ie, mediation) between a set of concepts, treated as latent variables, socioeconomic status (SES) and oral health perception, or observed as: sex, age, Healthy Eating Index (HEI), sugar intake (g/day), use of oral health services, Body Mass Index, diabetes, dental caries and tooth loss. The analyses were performed using Mplus 7.1. In both studies, HANDLS and NHANES, in the structural model the fit indices indicated a good data representation for the complete sample, (TLI=0.935, CFI=0.955, RSEMA=0.032, WRMR=1.539) and (TLI=0.924, CFI=0.950, RMSE=0.039, WRMR=1,636), respectively. In the HANDLS study (n=3,720), high SES showed an inverse association on untreated dental caries [standardized coefficient (SC)=-0.42,  $p<0.001$ ], with a greater direct effect (SC)=-0.27,  $p<0.001$ ), but also by indirect ways (SC)=-0.14,  $p<0.001$ ) via HEI and oral health services. More specifically, a higher SES showed a direct effect on HEI (SC=0.32,  $p<0.001$ ), which was a protective factor (SC)=-0.14,  $p<0.001$ ) against untreated dental caries. In the NHANES study (n=3,367), high SES was inversely associated with untreated dental caries (SC)=-0.37,  $p<0.001$ ), either in a direct pathway (SC)=-0.19,  $p<0.001$ ) and indirect (SC)=-0.17,  $p<0.001$ ) via healthy diet (HEI), added sugar (g/day) and oral health services. There was a direct positive effect of a higher SES on the healthy diet (SC=0.16,  $p<0.001$ ), which in turn was a protective factor (SC)=-0.13,  $p<0.001$ ) for untreated dental caries. On the other hand, high SES had no direct effect on added sugar, but between added sugar and untreated dental caries (SC=0.14,  $p<0.001$ ). It was concluded that a healthy diet mediated the association between socioeconomic inequalities and untreated dental caries and that added sugar was a contributing factor to caries development but was not related to SES. This evidence supports comprehensive health care approaches, which integrate general and oral health into dietary interventions, as strategy to reduce health disparities.

**Keywords:** Health Status Disparities, Diet, Sucrose, Oral Health, Dental Caries, Tooth Loss, NHANES, Health surveys.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Principais determinantes sociais da saúde.....	17
Figura 2. Classificação dos açúcares.....	22
Figura 3. Relação entre fatores etiológicos biológicos, comportamentais e socioeconômicos que influenciam no desenvolvimento da cárie dentária...	24
Figura 4. Influências nas escolhas de alimentação e segurança nutricional.....	31
Figura 5. Modelo de Holst para uma abordagem estrutural na explicação da cárie dentária em populações.....	33
Figura 6. Modelo de Patrick, sobre influências sobre a saúde bucal e as disparidades na saúde bucal.....	34



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Healthy Eating Index 2010, componentes e padrões para pontuação.....	27
Quadro 2. Healthy Eating Index 2015, componentes e padrões para pontuação.....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMI	Body Mass Index
CFI	Comparative Fit Index
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
DALY	Disability Adjusted Life Years
DAG	Directed acyclic graph
DCNTs	Doenças crônicas não transmissíveis
FSS	Federal Statistical System
HANDLS	Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span
HEI	Healthy Eating Index/Índice de Alimentação Saudável
IRP	Intramural Research Program
MEC	Mobile Exam Center
MI	Modification index
NIA	National Institute on Aging
NIH	National Institutes of Health
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NCI	National Cancer Institute
NCD	Non-communicable diseases
NCHS	National Center for Health Statistics
OMS	Organização Mundial da Saúde
RMSEA	Root Mean-Square Error of Approximation
SEM	Structural Equation Model/Modelagem de Equações Estruturais
SEP	Socioeconomic position/posição socioeconômica
SES	Socioeconomic status/status socioeconômico
TLI	Tucker-Lewis Index
USDA	United States Department of Agriculture
US	United States
WHO	World Health Organization
WLSMV	Weighted Least Square Mean Variance Adjusted

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 Determinantes sociais de saúde e desigualdades em saúde bucal .....	16
2.2 Explicação socioeconômica para desigualdades em saúde bucal .....	18
2.3 Consumo de açúcar e dieta como fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis.....	20
2.4 Agravos bucais e sua relação com consumo de açúcar e dieta.....	23
2.5 Explicação comportamental para desigualdades em saúde bucal .....	30
2.6 Modelos que explicam desigualdades sociais.....	32
<b>3 HIPÓTESE</b> .....	<b>36</b>
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	<b>37</b>
4.1 Objetivo geral .....	37
4.2 Objetivos específicos.....	37
<b>5 MANUSCRITO 1</b> .....	<b>38</b>
<b>6 MANUSCRITO 2</b> .....	<b>60</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>80</b>
<b>8 ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	<b>82</b>
8.1 HANDLS.....	82
8.2 NHANES .....	82
<b>9 FINANCIAMENTO</b> .....	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Determinantes sociais em saúde incluem o estado em que os indivíduos se encontram ao nascer, crescer, viver, trabalhar e envelhecer, e os principais fatores que interferem nessas transições são a distribuição de poder, renda e recursos (MARMOT; BELL, 2012). As diferenças, muitas vezes injustas, de recursos e oportunidades advindas da sociedade geram desigualdades em saúde e podem ser explicadas por fatores socioeconômicos, comportamentais, psicossociais e de curso de vida (HOLST et al., 2001; SISSON, 2007). Todas essas explicações já apresentam algumas evidências estabelecidas sobre desigualdades em saúde bucal, mas a explicação comportamental/cultural, que inclui o papel do consumo alimentar, mesmo sendo bastante referenciada na literatura em estudos de intervenção, ainda não se estabeleceu, sendo necessários mais estudos que englobem o esclarecimento dos fatores que determinam os comportamentos e o contexto social em que as escolhas comportamentais são feitas (SISSON, 2007).

A dieta é um dos principais determinantes de doenças comuns que levam a morte prematura e a incapacidades, estando associada a fatores de risco como pressão arterial alta, colesterol sérico alto, tabagismo, obesidade, diabetes e alguns cânceres (ROBERTSON; BRUNNER; SHEIHAM, 2005). Além disso, a segurança nutricional de membros de uma família depende de muitos fatores, como macroeconomia, disponibilidade e acessibilidade local, o que influencia na escolha alimentar e em preferências individuais (ROBERTSON; BRUNNER; SHEIHAM, 2005). Uma dieta rica em gorduras saturadas e baixa em alimentos de origem vegetal, juntamente com um estilo de vida sedentário, é a principal causa de obesidade e sobrepeso, com riscos aumentados de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) como doenças cardiovasculares, cânceres, diabetes e a cárie dentária, essa última especialmente relacionada à ingestão excessiva e frequente de açúcar (WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, 2005).

Desigualdades em saúde bucal mediadas pela qualidade da dieta ainda não estão bem descritas e estabelecidas na literatura científica. O açúcar é o principal fator etiológico no desenvolvimento da cárie dentária, sendo classificado em intrínseco (ou natural, integrado naturalmente na estrutura celular do alimento) como

o açúcar presente em frutas, vegetais, grãos integrais e os açúcares do leite, e extrínseco (ou livre no alimento ou adicionado a ele), como os açúcares do mel, xaropes, sucos de frutas e concentrados de sucos de frutas (MOYNIHAN et al., 2018). Sabe-se que em países onde a ingestão de açúcares livres é de cerca de 40-55 gramas ao dia, equivalente a 6-10% da ingestão de energia, os níveis de cárie dentária são baixos (WHO, 2003). Uma recente revisão sistemática que incluiu 55 estudos (apenas 6 com população adulta) sobre associação da quantidade de consumo de açúcar com cárie dentária, encontrou evidência de haver menores índices de cárie quando a ingestão de açúcar é menor que 10% da ingestão de energia, e concluiu que limitar o consumo de açúcar a menos de 5% de E, pode trazer benefícios e minimizar o risco de cárie para todo o curso de vida. Além disso, o estudo sugere que estudos com métodos padronizados para avaliar a ingestão de açúcares livres, com o intuito de auxiliar a vigilância em populações, são necessários (MOYNIHAN; KELLY, 2014).

Além do açúcar, é necessário questionar-se como demais componentes da dieta podem interferir em desfechos de saúde bucal. Sabe-se que uma dieta saudável contribui para combater a desnutrição, bem como doenças crônicas não-transmissíveis (DCNTs), como diabetes, doenças cardiovasculares e o câncer (WHO, 2015a). A Organização Mundial da Saúde possui diretrizes e recomendações que incluem aumentar a disponibilidade, acessibilidade e consumo de frutas e vegetais, reduzir a quantidade de açúcares adicionados em bebidas e alimentos e limitar o excesso de ingestão de calorias, visando a redução dos fatores de risco modificáveis e os determinantes sociais por meio da criação de ambientes de promoção da saúde (WHO, 2013). Assim, é recente a questão sobre o papel da dieta sobre os agravos de saúde bucal, não restringido apenas pelo consumo de açúcar, considerando possibilidades sobre o papel da dieta numa perspectiva de proteção de agravos bucais (GIACAMAN, 2018).

Alguns estudos já encontraram resultados sobre a dieta saudável, através do Índice de Alimentação Saudável (Healthy Eating Index – HEI) com papel protetor na redução do risco de cárie (NUNN et al., 2009; ZAKI; DOWIDAR; ABDELAZIZ, 2015) para populações infantis (2 a 6 anos), no entanto ainda há conflito na literatura sobre esses achados, considerando que em um estudo com adolescentes, o padrão alimentar saudável não influenciou a cárie dentária (PERERA; EKANAYAKE, 2010).

Por outro lado, para a população adulta, estudos avaliando a relação entre uma dieta saudável e desfechos de saúde bucal são escassos ou até mesmo escassos na literatura.

A análise de variáveis socioeconômicas, de dieta e saúde bucal, pode ser feita a partir de ferramentas atuais para se chegar a modelos que expliquem as desigualdades em saúde bucal. Além disso, relacionado às variáveis socioeconômicas também estão ter seguro saúde ou odontológico, frequência de consultas ao dentista e percepção de necessidades de tratamento odontológico (PATRICK et al., 2006). Um estudo sobre cárie dentária em crianças utilizou a análise de modelagem de equação estrutural para avaliar fatores que influenciam na doença por meio de um modelo multi-estrutural de acordo com o Modelo teórico *Behavioral pathways explaining oral health disparity in children* (GAO et al., 2010), e encontrou que fatores socioeconômicos influenciam as atitudes e os conhecimentos dos cuidadores em relação às condições de saúde bucal das crianças (QIU et al., 2014). Isso vai ao encontro dos achados de um estudo sobre abordagens contemporâneas da epidemiologia para avaliar a causalidade da cárie, em que os autores sugerem que sejam aplicados métodos estatísticos envolvendo modelagem de equações estruturais (SEM), análises de caminho e análise multinível (ALEKSEJUNIENE; HOLST; BRUKIENE, 2009).

O National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), série de estudos transversais, combina entrevistas e exames físicos que objetivam avaliar a saúde e o estado nutricional desde crianças até idosos dos Estados Unidos (NHANES, 1999). Outro estudo que também possui diversas variáveis a serem estudadas sobre saúde do adulto é o Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) (EVANS et al., 2010). Dessa forma, tanto o NHANES quanto o HANDLS permitem o aprofundamento da investigação do processo de desigualdades sociais, abrangendo inúmeras variáveis relacionadas a situação socioeconômica, de dieta e saúde bucal, possibilitando a análise em diferentes faixas etárias, como jovens adultos, adultos e idosos, tornando-se uma fonte de dados para a produção de evidências que podem orientar tomadas de decisões e políticas em saúde e estratégias para diminuir desigualdades em saúde.

Contudo, poucos estudos têm avaliado se a associação entre pobreza e cárie dentária é mediada pelo aumento do consumo de açúcar e pela qualidade da dieta.

Essa é uma hipótese interessante, visto que a relação linear entre açúcar e cárie dentária em adultos foi recentemente descrita em um estudo de Bernabé e colaboradores (BERNABE et al., 2016). O processo de desenvolvimento da cárie não depende apenas de um desequilíbrio fisiológico na cavidade bucal que envolve depósito microbiano e fatores da estrutura dentária. Além disso, fazem parte fatores comportamentais e socioeconômicos no qual o indivíduo/população vive (FEJERSKOV, 2004). Desta forma, sugere-se que sejam feitos estudos que aprofundem demais aspectos epidemiológicos, testando um modelo estrutural que inclua variáveis socioeconômicas, de dieta e de saúde bucal (HOLST et al., 2001), visto que apenas equações estruturais conseguem testar múltiplas hipóteses usando variáveis latentes, para decompor efeitos.

Esta evidência pode contribuir no esclarecimento de quais são os principais mecanismos e quais são as variáveis críticas para prevenir a doença e reduzir as desigualdades sociais, na orientação de ações intersetoriais para a promoção da saúde, na busca da integração da promoção e cuidados de saúde bucal com outras questões que influenciam a saúde, a partir da abordagem do risco comum para a redução das desigualdades entre grupos sociais. Desta forma, considerando o consumo elevado de açúcar e a dieta como fatores de risco comuns para Doenças Crônicas Não Transmissíveis (HOBDELL et al., 2003), em que a cárie dentária se inclui, é relevante uma maior investigação dos fatores relacionados a variáveis socioeconômicas, de dieta e de saúde bucal, visto que há poucos estudos publicados sobre o tema, portanto faz-se necessário estudos que avaliem se dieta é um mecanismo pelo qual as desigualdades se expressam em saúde bucal, especificamente na cárie dentária.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Esta revisão de literatura objetiva aprofundar aspectos dos temas relacionados a tese, considerando os determinantes sociais de saúde, a explicação socioeconômica para as desigualdades em saúde bucal, a explicação comportamental, especificamente sobre o papel do açúcar e da dieta como um todo, modelos existentes que explicam as desigualdades sociais e alguns métodos epidemiológicos contemporâneos que são utilizados para avaliar aspectos associados a agravos de saúde bucal.

### **2.1 Determinantes sociais de saúde e desigualdades em saúde bucal**

Os determinantes da saúde geral da população podem ser sociais, econômicos e de estilo de vida, sendo influenciados também por questões políticas e individuais (DAHLGREN; WHITEHEAD, 1991). A Figura 1 apresenta, em camadas de influência do tipo arco-íris, os principais determinantes sociais da saúde. No centro da figura estão estilos de vida individuais que influenciam a saúde e que estão inseridos em normas e redes sociais, onde também se encontram os fatores comportamentais relacionados a interação com demais indivíduos. Na terceira camada estão as influências das condições de vida e trabalho, a aquisição de alimentos e o acesso a bens e serviços essenciais que, por sua vez, são relacionados a capacidade de uma pessoa manter sua saúde. Por último, está a camada mais ampla das influências socioeconômicas, culturais e ambientais da sociedade (DAHLGREN; WHITEHEAD, 2006).



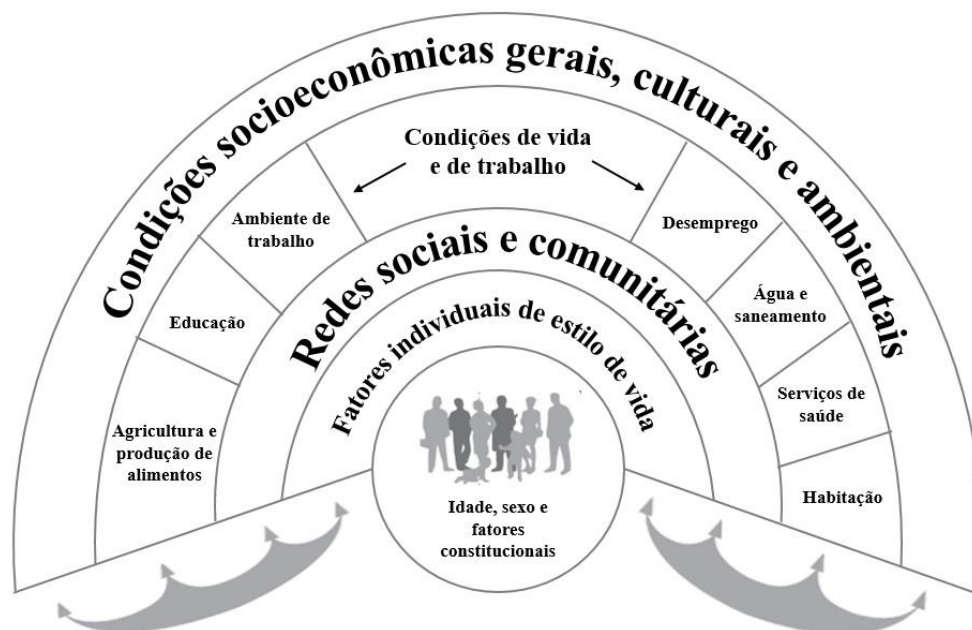


Figura 1. Principais determinantes sociais da saúde (DAHLGREN; WHITEHEAD, 1991, 2006).

A necessidade da busca por explicações sobre as condições de saúde em que se encontra a população torna inquestionável a importância da investigação dos determinantes sociais, visto que através deles chega-se a explicações para as desigualdades em saúde. A forma de abordagem mais comum das desigualdades é por meio de grupos (classe social, raça, sexo) que apresentam diferenças (muitas vezes injustas) de recursos e oportunidades advindas da sociedade (KAWACHI; SUBRAMANIAN; ALMEIDA-FILHO, 2002). Desigualdades em saúde referem-se a diferenças, variações e disparidades nas situações de saúde de indivíduos ou grupos, em outras palavras, desigualdade na saúde é um termo descritivo que não precisa implicar julgamento moral (KAWACHI; SUBRAMANIAN; ALMEIDA-FILHO, 2002). Já iniquidade em saúde (health inequity) refere-se a como as desigualdades em saúde são consideradas injustas ou advindas de alguma forma de injustiça (KAWACHI; SUBRAMANIAN; ALMEIDA-FILHO, 2002; WHITEHEAD; DAHLGREN, 2006).

Relacionado às desigualdades está o gradiente socioeconômico, ou seja, a relação entre o pior estado de saúde em pessoas que também estão em um nível inferior socioeconômico, incluindo as que já estão em grupos mais altos de posição socioeconômica, portanto são as piores condições de saúde que estão presentes desde as mais baixas até mais altas classes sociais e que constituem o gradiente socioeconômico (KAWACHI; SUBRAMANIAN; ALMEIDA-FILHO, 2002;

WILKINSON; MARMOT, 2003). Para saúde bucal não é diferente, visto que o gradiente social presente no desempenho educacional leva a diferentes experiências de emprego e desemprego no mercado de trabalho, o que reflete tanto na saúde geral, como na melhoria da saúde bucal, que deve ser oportunizada a toda sociedade (MARMOT; BELL, 2011). Desigualdades em saúde bucal advindas dos determinantes da saúde como nível socioeconômico, acesso aos serviços e necessidades de saúde são bem descritas na literatura (BHANDARI; NEWTON; BERNABÉ, 2016; PATRICK et al., 2006; STEELE et al., 2015).

Uma estratégia de promoção da saúde que tem sido adotada em algumas regiões é a taxação de alimentos com alto teor de açúcar, fundamentalmente por causa da crescente taxa de obesidade, mas também para a prevenção de doenças bucais. Estudos têm sido realizados para estimar a relação entre a taxação de bebidas açucaradas e cárie dentária. Um estudo que utilizou o contexto de uma população alemã de 14 a 79 anos por um período de dez anos, estimou que o impacto de um imposto de 20% sobre as bebidas açucaradas poderá reduzir a cárie dentária, principalmente em homens jovens de baixa renda, além de contribuir na redução de custos com tratamentos odontológicos (SCHWENDICKE et al., 2016). Outro recente estudo avaliou o custo-efetividade da taxação de bebidas açucaradas pelo aumento de 20% no imposto sobre essas bebidas na Holanda, e concluiu que a tributação pode melhorar a saúde bucal e reduzir os gastos com tratamento da cárie (JEVDJEVIC et al., 2019). Além disso, a proibição de publicidade infantil, em alguns países, que estimula o consumo de alimentos ricos em açúcar, assim como a restrição venda desses produtos em cantinas escolares, são também estratégias adotadas para a redução do consumo de alimentos que contêm açúcar (TATLOW-GOLDEN et al., 2016; WHO, 2006). Assim, é importante o aprofundamento da investigação das disparidades em saúde bucal inclua os fatores comportamentais como dieta e consumo de açúcar, para se buscar alternativas e estratégias para atender as demandas de saúde dos grupos de maior vulnerabilidade e reduzir as desigualdades.

## **2.2 Explicação socioeconômica para desigualdades em saúde bucal**

As desigualdades em saúde entre grupos da população já são relacionadas aos fatores socioeconômicos desde a década de 80, com a publicação do Report of the Working Group on Inequalities in Health, também conhecido como Black Report (GRAY, 1982). No referido Relatório, foram reportados resultados que claramente mostraram as prevalências de doenças e mortalidade distribuídas desigualmente entre a população, mesmo com a introdução do estado de bem-estar social e do Serviço Nacional de Saúde Britânico em 1948. O Relatório concluiu que as desigualdades estavam relacionadas a diversos outros fatores sociais, como renda, educação, moradia, dieta, emprego e condições de trabalho (GRAY, 1982). As desigualdades sociais em saúde bucal também são bem descritas desde a década de 90, estando relacionadas a classe social, sexo, acesso ao sistema de saúde, rede de relações sociais, estilo de vida, tipo e ambiente de trabalho (PETERSEN, 1990).

A associação de posição socioeconômica (SEP), considerando renda, nível educacional e emprego, com experiência ou lesão de cárie dentária foi descrita recentemente em uma revisão sistemática e meta-análise que incluiu 155 estudos e concluiu que indivíduos de baixa SEP apresentam maior risco de ter cárie (SCHWENDICKE et al., 2015). Estudo realizado em uma amostra de adultos no Brasil encontrou a associação entre raça e perda dentária atribuída a diferenças socioeconômicas relacionadas a renda e educação, mas não encontrou explicação dessa associação com fatores de discriminação, uso de serviços odontológicos e comportamentos adversos a saúde (CELESTE et al., 2013).

Recente estudo com dados de 2010 do Inquérito Nacional de Saúde Bucal no Brasil, que avaliou o uso de serviços odontológicos por idosos, encontrou associação com desigualdades socioeconômicas que incluíram renda e escolaridade, sendo que idosos com maior renda e com maior nível de escolaridade tiveram maiores probabilidades de terem tido uma consulta ao dentista recentemente e terem recebido cuidados preventivos em saúde bucal (BOF DE ANDRADE; DRUMOND ANDRADE; NORONHA, 2017). Nos Estados Unidos, a posse de seguro saúde contribuí para as disparidades em saúde bucal, visto que o acesso aos serviços odontológicos é, em grande parte, relacionado à disponibilidade de seguro saúde privado ou insuficiência no número de serviços públicos de saúde (PATRICK et al., 2006; U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE, 2000).

As questões socioeconômicas podem estar relacionadas também a frequência de visitas ao dentista. De acordo com a literatura, mulheres procuram mais cuidados odontológicos do que homens e nos Estados Unidos, pessoas de baixo nível socioeconômico, além de encontrarem dificuldades para consultar com um dentista pelo programa de assistência social Medicaid, também são mais vulneráveis em relação a transporte e tempo perdido de trabalho para irem consultar (PATRICK et al., 2006; U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE, 2000). Um estudo realizado nos Estados Unidos sobre o uso dos serviços odontológicos por latino-americanos encontrou que, entre todos os grupos raciais e étnicos, este é o com maior prevalência de cárie e menor número de visitas ao dentista, mesmo apresentando um aumento na tendência de uso dos serviços entre 1978-1980 e 1999 (PATRICK et al., 2006; WALL; BROWN, 2004).

Outro fator que pode relacionar-se às variáveis socioeconômicas e que envolvem o seguro saúde e visita ao dentista são as necessidades de saúde bucal. Recente estudo com crianças e jovens que utilizam os serviços nacionais na Escócia encontrou associação entre necessidades de tratamento odontológico e menor possibilidade de acesso aos serviços odontológicos, caracterizando desigualdades em necessidades de saúde bucal e acesso aos serviços de saúde (MCMAHON et al., 2018). Outro estudo que avaliou desigualdades sociais na saúde bucal da população adulta utilizou dados de quarenta países de baixa e média renda e encontrou desigualdades entre os mais pobres em relação a perda total de dentes e percepção de necessidade de tratamento odontológico (BHANDARI; NEWTON; BERNABÉ, 2016).

Dessa forma, evidências sobre a relevância dos determinantes sociais da saúde bucal são contundentes, mas ainda é necessário aprofundar a investigação sobre os mecanismos pelos quais desigualdades socioeconômicas provocam agravos de saúde bucal. A produção de evidências sobre os mecanismos é fundamental para compreensão dos desafios em saúde bucal e, essencialmente, para apoiar a formulação de políticas de promoção da saúde e avaliação da sua efetividade.

### **2.3 Consumo de açúcar e dieta como fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis**

A dieta é definida como o curso regular de se alimentar e beber adotado por uma pessoa, já o estado nutricional é definido como o estado do corpo em relação ao consumo e a utilização de nutrientes. As ciências nutricionais são o estudo dos processos de nutrição, bem como os componentes dos alimentos, suas ações, interação e equilíbrio em relação à saúde e à doença (MESH, 1987). Assim, conhecer fatores relacionados ao estado nutricional da população, que inclui investigar os componentes que fazem parte da dieta e fatores socioeconômicos, proporciona um entendimento dos mecanismos que podem fazer parte do desenvolvimento de doenças ou de fatores de proteção à saúde.

Sabe-se que uma nutrição inadequada é um fator de contribuição para doenças de importância na saúde pública, principalmente as doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como diabetes tipo 2, doença cardiovascular, cânceres e cárie dentária (WHO, 2004a). Uma revisão sistemática avaliou a relação entre peso corporal e consumo de açúcar a partir de ensaios clínicos randomizados e encontrou que, dentre as causas multifatoriais da obesidade, o consumo de açúcar foi considerado como uma forma de ganho rápido de peso, sendo um componente relevante para reduzir o risco de sobrepeso e obesidade (TE MORENGA; MALLARD; MANN, 2012).

Um estudo de coorte com mulheres encontrou associação entre o consumo de bebidas açucaradas, principal fonte de açúcares adicionados na dieta dos EUA, e aumento no risco de desenvolver diabetes tipo 2 e ganho de peso corporal (SCHULZE et al., 2004). Recente revisão sistemática e metanálise com estudos de coorte e ensaios clínicos encontrou evidências sobre os danos causados pelo consumo excessivo de açúcares advindos de bebidas açucaradas sobre a obesidade, doença cardiometabólica e diabetes, no entanto o mesmo não ocorreu com açúcares vindos de outras fontes. Os autores concluíram que o açúcar não deve ser visto como um único determinante da dieta e que deve-se considerar a dieta como um todo para se chegar a melhores benefícios de saúde (KHAN; SIEVENPIPER, 2016).

De acordo com o Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy (COMA) Report, há dois tipos de açúcares, os intrínsecos, integrados naturalmente na estrutura celular do alimento e os extrínsecos, que são livres no alimento ou adicionados a ele (COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF FOOD AND

NUTRITION POLICY (COMA), 1989). Conforme a Figura 2, é importante distinguir quando faz-se referência ao açúcar total (intrínsecos e extrínsecos) ou apenas aos extrínsecos, ou seja, os adicionados aos alimentos (além de açúcares em mel, xaropes, sucos de frutas e concentrados de sucos de frutas) e que possuem evidência estabelecida de associação com desfechos de saúde bucal (MOYNIHAN et al., 2018). Os açúcares são metabolizados de diferentes formas no organismo, no entanto, a sacarose é o açúcar de preferência para metabolização pelo *Streptococcus Mutans*. Os produtos finais do metabolismo são, fundamentalmente, Polissacarídeo Extra Celular (PEC) e ácido láctico. A metabolização da sacarose pelos microorganismos do biofilme bucal resulta em mais desmineralização, por exemplo, do que a metabolização da frutose ou da galactose. Além disso, os açúcares naturais são apresentados ao organismo em quantidades muito menores e acompanhados de nutrientes, água e fibras, enquanto o adicionado é extraído, processado e adicionado em altas concentrações, sem o benefício dos nutrientes que acompanham a ingestão de alimentos naturais, o que acaba fazendo com que sejam absorvidos muito rapidamente (FEJERSKOV, 2004; MOYNIHAN, 2016; SHEIHAM, 2001).

Dessa forma, são necessários estudos que avaliem a dieta como um todo e o consumo de açúcar adicionado como mediadores de posição socioeconômica e desfechos de saúde bucal, considerando seu fator de risco comum para DCNTs, bem como avaliar independentemente grupos etários para se chegar a resultados mais fidedignos.

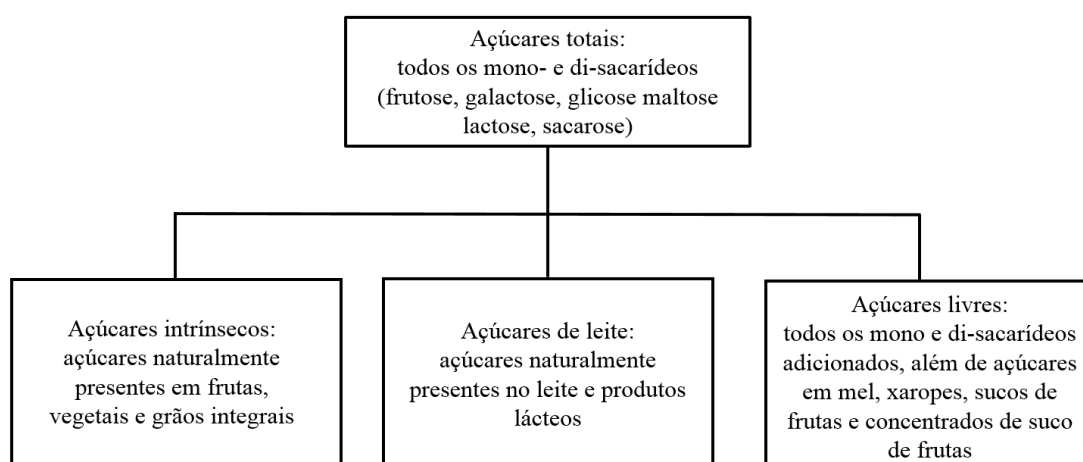


Figura 2. Classificação dos açúcares (MOYNIHAN et al., 2018).

## **2.4 Agravos bucais e sua relação com consumo de açúcar e dieta**

A partir do estudo sobre a Carga Global de Doenças (Global Burden of Disease 2015), sabe-se que os agravos bucais (cárie dentária não tratada, doença periodontal, edentulismo e outras doenças bucais) afetam 3,5 bilhões de pessoas, ou seja, aproximadamente metade da população mundial (48%, prevalência por idade padronizada). A cárie dentária não tratada é a condição mais prevalente (34,1%, prevalência por idade padronizada) em todas as faixas etárias afetando 2,5 [Intervalo de incerteza (II) de 95%: 2.4 a 2.7] bilhões de pessoas ao redor do mundo (KASSEBAUM et al., 2017). Além disso, a prevalência global de edentulismo é de 4.1% (276 milhões; II de 95%: 264 a 288), o que faz desta a principal causa de anos de vida ajustados por incapacidade (disability-adjusted life years - DALYs) devido a agravos bucais, contribuindo com 7,6 milhões (II de 95%: 5,1 a 10,5) de DALYs. (KASSEBAUM et al., 2017). O processo de desenvolvimento da cárie não depende apenas de um desequilíbrio fisiológico na cavidade bucal que envolve o depósito microbiano e fatores da estrutura dentária. Além disso, fazem parte fatores comportamentais e socioeconômicos no qual o indivíduo/população vive (FEJERSKOV, 2004) (Figura 3).

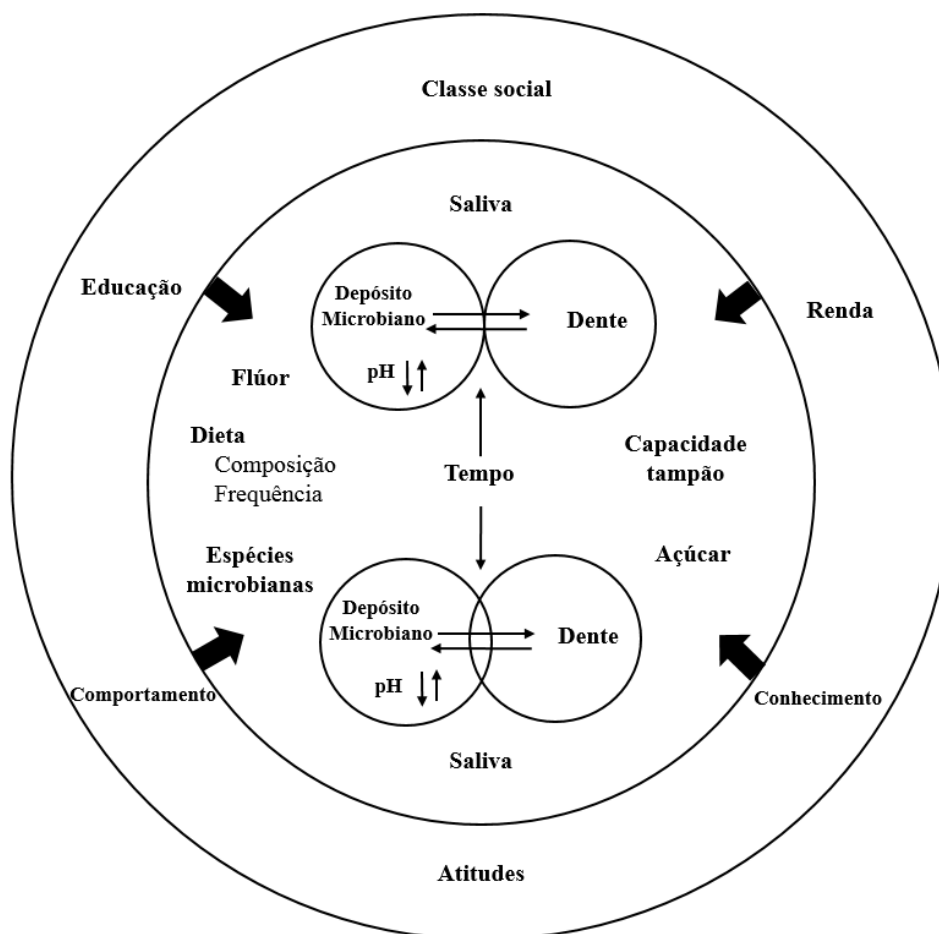


Figura 3. Relação entre fatores etiológicos biológicos, comportamentais e socioeconômicos que influenciam no desenvolvimento da cárie dentária (FEJERSKOV, 2004).

O açúcar é o componente da dieta do qual a cárie dentária é dependente para se desenvolver (PAES LEME et al., 2006). Açúcares livres ou adicionados são todos os monossacarídeos (glicose, galactose, frutose) e dissacarídeos (sacarose, maltose, lactose) presentes nos alimentos e bebidas artificiais (fabricadas) ou naturalmente presentes, como em mel e frutas (GIACAMAN, 2018; MOYNIHAN, 2016; WHO, 2015b). Entre os carboidratos, a sacarose é considerada a mais cariogênica, quando comparado com frutose e glicose, sendo que evidências sugerem que os açúcares presentes naturalmente em grãos, frutas integrais e vegetais e também no leite não contribuem de forma significativa no desenvolvimento da cárie dentária (CURY et al., 2000; LEVY et al., 2003; MARSHALL et al., 2003; PAES LEME et al., 2006; WHO, 2003).

A cárie dentária progride com a idade e os efeitos dos açúcares na dentição ocorrem ao longo da vida. Mesmo com níveis baixos de cárie na infância, é



significativo o aumento dos níveis de cárie ao longo do ciclo de vida (MOYNIHAN; KELLY, 2014). Desde 2015, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou fortemente tanto para crianças, quanto para adultos, a redução de ingestão de açúcares livres para menos de 10% do consumo total de energia (que provêm da soma de todas as calorias diárias de macronutrientes, como gordura, carboidratos, incluindo açúcares, fibras, proteína e etanol) diária para obter uma redução da cárie dentária (WHO, 2015b). A partir de uma revisão sistemática para atualizar diretrizes da OMS com estudos populacionais, estabeleceu-se a recomendação de restringir a ingestão de açúcares adicionados de 10% para 5% do consumo total de energia anual per capita, visto que com o consumo de menos de 5% de açúcar adicionado, encontrou-se relação significativa com a redução da cárie dentária (MOYNIHAN; KELLY, 2014; WHO, 2015b).

Um estudo longitudinal que utilizou dados de 1.702 adultos dentados, encontrou associação entre a quantidade de açúcares ingerida por dia e a cárie dentária, sendo a quantidade de açúcar mais importante que a frequência de ingestão (BERNABE et al., 2016). Além da ingestão de açúcares, tem-se questionado e investigado os demais componentes da dieta como fatores que podem influenciar o desenvolvimento da cárie dentária. A redução do consumo do açúcar pode ser uma meta muito difícil de se alcançar, por outro lado sugere-se que sejam abordados outros componentes da dieta que podem ser fatores de proteção para agravos bucais (GIACAMAN, 2018).

Um ensaio clínico randomizado com 500 pares de mães-filhos avaliou a efetividade de práticas de aleitamento materno saudável a partir de visitas domiciliares para mães durante o primeiro ano de vida do bebê e sua relação com cárie precoce da infância aos 4 anos de idade (FELDENS et al., 2010). O estudo utilizou como intervenção os “Dez passos para o sucesso do aleitamento materno” (BRASIL, 2017), uma política nacional de saúde do Brasil baseada nas orientações da OMS, e encontrou que os conselhos nutricionais durante o primeiro ano de vida contribuíram para a diminuição da incidência e severidade de cárie aos quatro anos de idade (FELDENS et al., 2010). O acompanhamento deste mesmo estudo, também avaliou o impacto do programa sobre a qualidade da dieta aos 3-4 anos de idade, usando o Healthy Eating Index (HEI), e encontrou uma melhor qualidade da

dieta como um todo em crianças de 3-4 anos de mães que receberam o aconselhamento dietético primeiro ano de vida (VITOLLO et al., 2010).

O HEI é uma medida da qualidade da dieta, avaliado conforme as Diretrizes Dietéticas dos Estados Unidos (GUENTHER et al., 2013). O HEI foi originalmente desenvolvido em 1995 como uma ferramenta para avaliar até que ponto os americanos estão seguindo as recomendações alimentares. Em 2005, a estrutura do HEI foi revisada e foi atualizada duas vezes (HEI-2010 e HEI-2015) (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2020). O HEI-2010 possui 12 componentes com diferentes pontuações (Quadro 1), em que cada grupo tem uma pontuação máxima e a pontuação avaliada de forma contínua total pode chegar a 100, o que significa uma dieta de maior qualidade e em conformidade com as recomendações alimentares, sendo usado para avaliar a qualidade da dieta da população e subpopulações dos Estados Unidos, a partir de pesquisas e intervenções sobre os padrões alimentares (GUENTHER et al., 2013). O HEI-2010 foi validado como uma medida confiável da qualidade da dieta, de acordo com as Diretrizes Dietéticas do Estados Unidos, a partir de dados do NHANES 2002-2003 (GUENTHER et al., 2014).

A partir do HEI, a qualidade da dieta é avaliada sob duas perspectivas: adequação (componentes para aumentar na dieta) e moderação (componentes para diminuir na dieta); os padrões de pontuação são baseados na densidade, fazendo com que a mistura relativa de alimentos seja avaliada; e os padrões para as pontuações máximas são as recomendações menos restritivas (mais fáceis de alcançar) entre aquelas que variam de acordo com o nível de energia, sexo e/ou idade. Para os componentes de adequação, isso significa que níveis crescentes de ingestão recebem pontuações cada vez mais altas; enquanto para os componentes de moderação, níveis crescentes de ingestão recebem pontuações cada vez menores. Em outras palavras, para todos os componentes, pontuações mais altas indicam maior conformidade com as orientações alimentares (GUENTHER et al., 2013).

Quadro 1. Healthy Eating Index 2010, componentes e padrões para pontuação (GUENTHER et al., 2013).

<b>Componente</b>	<b>Pontuação máxima</b>	<b>Padrão para escore máximo</b>	<b>Padrão para escore mínimo</b>
HEI-2010 <sup>1</sup>			
<i>Adequação</i>			
Total de frutas <sup>2</sup>	5	≥0.8 copo equiv. por 1,000 kcal	Não frutas
Fruta inteira <sup>3</sup>	5	≥0.4 copo equiv. por 1,000 kcal	Não frutas inteiras
Total de vegetais <sup>4</sup>	5	≥1.1 copo equiv. por 1,000 kcal	Não vegetais
Verduras e feijões <sup>4</sup>	5	≥ 0.2 copo equiv. por 1,000 kcal	Não vegetais verde escuro ou feijões e ervilhas
Grãos inteiros	10	≥1.5 oz* equiv. por 1,000 kcal	Não grãos inteiros
Laticínios <sup>5</sup>	10	≥1.3 copo equiv. por 1,000 kcal	Não laticínios
Total de alimentos proteicos <sup>6</sup>	5	≥2.5 oz equiv. por 1,000 kcal	Não alimentos proteicos
Frutos do mar e proteínas vegetais <sup>6,7</sup>	5	≥0.8 oz equiv. por 1,000 kcal	Não frutos do mar e proteínas vegetais
Ácidos graxos <sup>8</sup>	10	(PUFAs <sup>a</sup> + MUFAs <sup>b</sup> )/SFAs <sup>c</sup> ≥2.5	(PUFAs + MUFAs)/SFAs ≤1.2
<i>Moderação</i>			
Grãos refinados	10	≤1.8 oz equiv. por 1,000 kcal	≥4.3 oz equiv. per 1,000 kcal
Sódio	10	≤1.1 gramas por 1,000 kcal	≥2.0 gramas por 1,000 kcal
Calorias vazias <sup>9</sup>	20	≤19% de Energia	≥50% de Energia

\*oz (medida de volume, "onça" líquida americana = 29,57 ml)

<sup>1</sup>Ingestões entre os padrões mínimo e máximo são pontuadas proporcionalmente.

<sup>2</sup> Inclui suco de frutas.

<sup>3</sup> Inclui todas as formas, exceto suco.

<sup>4</sup>Inclui feijões e ervilhas (chamados de leguminosas no HEI-2005), não contados como Total de alimentos proteicos (denominados Carne e Feijão no HEI-2005).

<sup>5</sup> Inclui todos os produtos lácteos, como leite fluido, iogurte e queijo, e bebidas de soja fortificadas.

<sup>6</sup> Feijões e ervilhas estão incluídos aqui (e não como vegetais), quando o padrão de Total de alimentos proteicos (denominados de carne e feijão no HEI-2005) não foi cumprido.

<sup>7</sup> Inclui frutos do mar, nozes, sementes, produtos de soja (além de bebidas), bem como feijões e ervilhas contados como Total de alimentos proteicos.

---

<sup>8</sup> Proporção de ácidos graxos poli- e mono-insaturados para ácidos graxos saturados.

<sup>9</sup> Calorias de gorduras sólidas, álcool e açúcares adicionados; O limiar para contar álcool é > 13 gramas/1000 kcal.

<sup>a</sup>PUFAs=ácidos graxos poli-insaturados.

<sup>b</sup>MUFAs=ácidos graxos monoinsaturados.

<sup>c</sup>SFAs=ácidos graxos saturados.

Em 2015, foi lançado uma nova versão do HEI, composto por 13 componentes (Quadro 2), sendo caracterizado principalmente pela diferença, em relação ao HEI-2010, por ter o açúcar adicionado como um componente independente na avaliação da dieta (REEDY et al., 2018). O HEI é capaz de diferenciar a qualidade da dieta entre grupos de pessoas que possuem diferenças conhecidas na dieta, considerando sua característica de capturar a multidimensionalidade da qualidade da dieta (REEDY et al., 2018). O Índice contempla componentes de adequação (principalmente relacionados a ingestão de frutas e recomendados em uma dieta saudável), componentes de moderação (aqueles que devem ser consumidos com moderação, como grãos refinados, sódio, gorduras) e componentes que devem ser limitados, de acordo com novas recomendações para uma dieta saudável, como é o caso do açúcar adicionado (REEDY et al., 2018).

Quadro 2. Healthy Eating Index 2015, componentes, valores de pontuação e padrões de pontuação

<b>Componente</b>	<b>Pontuação máxima</b>	<b>Padrão para escore máximo</b>	<b>Padrão para escore mínimo</b>
<b>Adequação</b>			
Total de frutas	5	≥0.8 copo equivalentes/1,000 kcal	Não frutas
Fruta inteira	5	≥0.4 copo equivalentes/1,000 kcal	Não frutas inteiras
Total de vegetais	5	≥1.1 copo equivalentes/1,000 kcal	Não vegetais
Verduras e feijões	5	≥ 0.2 copo equivalentes/1,000 kcal	Não vegetais verde escuro ou feijões e ervilhas
Grãos inteiros	10	≥1.5 oz* equivalentes/1,000 kcal	Não grãos inteiros
Laticínios	10	≥1.3 copo equivalente/1,000 kcal	Não laticínios
Total de alimentos proteicos	5	≥2.5 oz equivalente/1,000 kcal	Não alimentos proteicos
Frutos do mar e proteínas vegetais	5	≥0.8 oz equivalente/1,000 kcal	Não frutos do mar e proteínas vegetais
Ácidos graxos <sup>8</sup>	10	(PUFAs <sup>a</sup> + MUFAs <sup>b</sup> )/SFAs <sup>c</sup> ≥2.5	(PUFAs + MUFAs)/SFAs ≤1.2
<b>Moderação</b>			
Grãos refinados	10	≤1.8 oz equivalente/1,000 kcal	≥4.3 oz equivalentes/1,000 kcal
Sódio	10	≤1.1 gramas/1,000 kcal	≥2.0 gramas/1,000 kcal
Açúcar adicionado	10	≤6.5% de energia	≥26% de energia
Gorduras saturadas	10	≤8% de energia	≥16% de energia

\*oz (medida de volume, “onça” líquida americana = 29,57 ml)

<sup>a</sup>PUFAs=ácidos graxos poli-insaturados.

<sup>b</sup>MUFAs=ácidos graxos monoinsaturados.

<sup>c</sup>SFAs=ácidos graxos saturados.

A avaliação da dieta pelo HEI pode ser feita para diferentes grupos etários e resultados de relatórios do U.S. Department of Agriculture, que utilizou dados do NHANES 2007-2008, revelaram diferenças no valor total do HEI entre as faixas etárias: 51.82 (crianças de 2-17 anos), 54.30 (adultos de 18-64 anos) e 64.12 (idosos de 65 anos ou mais) (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2016).

Há na literatura evidências sobre a relação entre a qualidade da dieta, medida pelo HEI, e cárie precoce da infância. A partir da avaliação do HEI em crianças com idade pré-escolar, encontrou-se que as crianças livres de cárie consumiam de forma significativa maiores quantidades de frutas inteiras, leite e sódio e tinham um escore maior do HEI em comparação com crianças com cárie precoce infância e cárie precoce da infância severa, concluindo-se que a dieta saudável foi um fator de proteção para o desenvolvimento da cárie dentária (ZAKI; DOWIDAR; ABDELAZIZ, 2015).

Outro estudo com o HEI e cárie precoce da infância, realizado com crianças de 2 a 5 anos de idade participantes do NHANES 1988-1994, encontrou que as crianças com maiores escores de HEI apresentaram menor probabilidade de ter cárie, em comparação com as crianças com menores escores de HEI. Os autores concluíram que o HEI foi um preditor da prevalência de cárie da primeira infância (NUNN et al., 2009). Recente estudo com crianças pré-escolares também avaliou a relação entre cárie da primeira infância e qualidade da dieta medida pelo HEI, concluindo que um padrão saudável de alimentação é fundamental para a prevenção de cárie da primeira infância (INAN-EROGLU et al., 2017). No entanto, há uma lacuna na evidência sobre estudos que investigaram a relação de agravos bucais e demais componentes da dieta na população adulta, sendo um tema importante para se investigar com maior aprofundamento.

## **2.5 Explicação comportamental para desigualdades em saúde bucal**

Circunstâncias econômicas e sociais desfavoráveis afetam a saúde durante todo o curso de vida e resultam em um gradiente social que interfere na qualidade da dieta, o que contribui para as desigualdades em saúde, sendo a fonte de nutrientes a principal diferença entre classes sociais (WILKINSON; MARMOT, 2003). Apesar disso, a ingestão elevada de gordura ocorre geralmente em todos os grupos

sociais, mas indivíduos com menor renda, como famílias jovens, idosos e desempregados, são os menos capazes de ter uma alimentação adequada, considerando a dieta como um todo (WILKINSON; MARMOT, 2003). Além disso, deve-se considerar que, em geral, gorduras, óleos, pão branco e açúcares tem um custo menor para aquisição e é improvável que tais alimentos atendam as recomendações de uma dieta saudável. Estes componentes estão presentes nos alimentos ultra processados que estão cada vez mais acessíveis para populações de baixa renda, causando o aumento da obesidade e riscos a várias doenças crônicas não transmissíveis relacionadas à dieta (MONTEIRO et al., 2019). No entanto, para populações desfavorecidas, esses são alimentos que satisfazem a fome, fornecendo energia em detrimento do consumo de micronutrientes, como frutas e vegetais (ROBERTSON; BRUNNER; SHEIHAM, 2005). Isso está relacionado a diversos fatores aos quais a população é dependente, como questões socioeconômicas e de acesso aos alimentos, que influenciam as escolhas e preferências individuais (Figura 4) (ROBERTSON; BRUNNER; SHEIHAM, 2005).

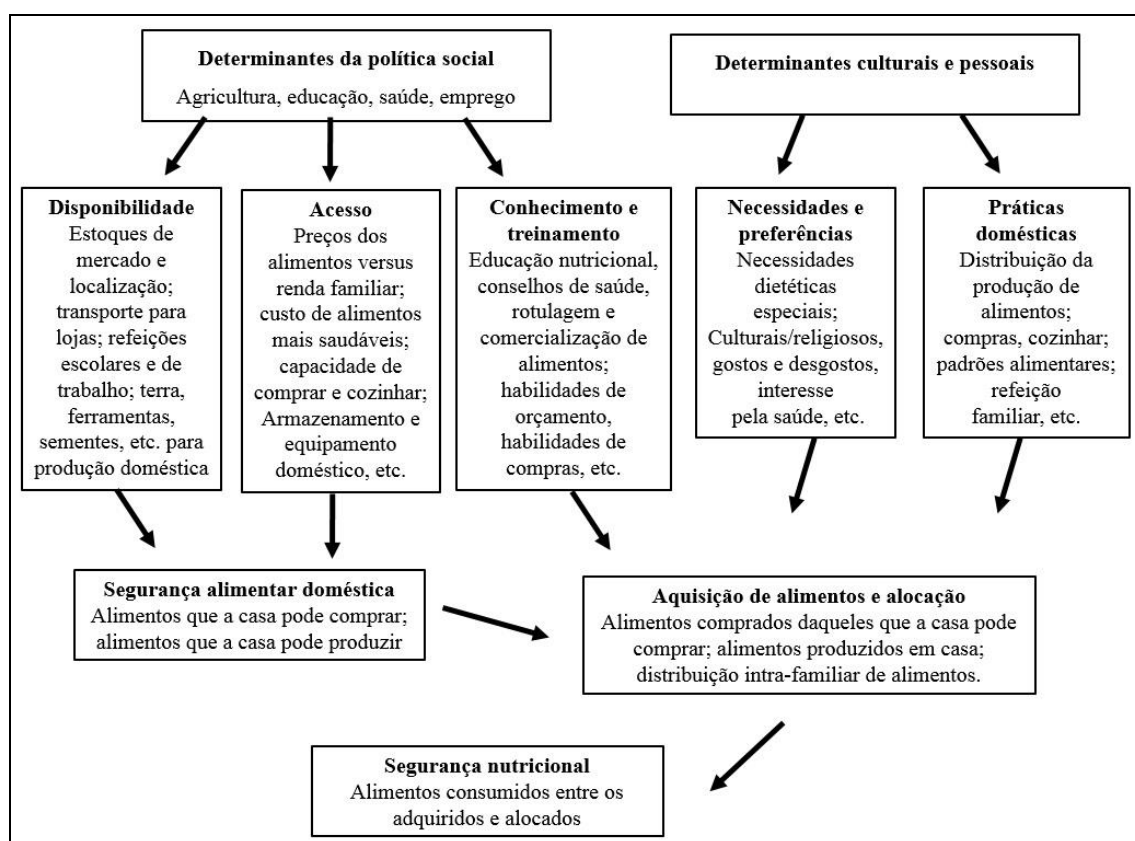


Figura 4. Influências nas escolhas de alimentação e segurança nutricional (Fonte: (ROBERTSON; BRUNNER; SHEIHAM, 2005; WHO, 2004b)).

Poucos estudos têm abordado a dieta como mediadora da relação entre condições socioeconômicas e desfechos de saúde bucal. Dados do NHANES de 2007-2008 foram analisados utilizando modelos de mediação, para avaliar a associação entre posição socioeconômica, segurança alimentar e cárie dentária em crianças e adolescentes de 5 a 17 anos, sendo que houve associação entre posição socioeconômica (SEP) superior com menor prevalência de cárie, e segurança alimentar baixa ou muito baixa com maior prevalência de cárie. No entanto, a segurança alimentar não mediou a relação entre SES e cárie dentária. Os autores concluíram que abordar isoladamente a segurança alimentar não resolve as desigualdades em saúde e que são necessárias intervenções para a diminuição de consumo de açúcares para também reduzir a prevalência das demais condições sistêmicas mediadas pela dieta como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (CHI et al., 2014). Em estudo com dados do NHANES 1994-1998 com uma população de jovens adultos, encontrou-se associação entre alta frequência de consumo de açúcar adicionado com doença periodontal, sendo que autores sugerem que o mecanismo para explicar a associação é o padrão de consumo de açúcar, que também pode contribuir na carga de inflamação sistêmica, o que pode esclarecer a associação entre doença periodontal e o desenvolvimento de DCNTs (LULA et al., 2014).

Recente estudo com uma população de 1.932 indivíduos de 20 a 79 anos avaliou a prevalência e distribuição de cárie dentária e fatores associados e encontrou associação entre viver em área rural, baixa posição socioeconômica, menor frequência de higiene bucal e consumo de bebidas açucaradas com maior prevalência de cárie. Além disso, recomendou a adoção de diferentes estratégias preventivas para as diferentes faixas etárias (OSCARSON; ESPELID; JONSSON, 2017). No entanto, deve-se considerar que em áreas rurais normalmente não há sistema de fornecimento de água potável fluoretada e a situação socioeconômica é mais desfavorável, com pior renda e menor acesso à educação e serviços.

## **2.6 Modelos que explicam desigualdades sociais**

Estudos sobre os determinantes de agravos bucais têm encontrado influências das condições socioeconômicas, características psicossociais,



comportamentais e de estilo de vida, além de recomendarem análises por sexo e abordagem exploratória no estudo das causas de cárie em populações (ALEKSEJULNIENE et al., 2002). Essas abordagens incluem a construção de modelos que mostram os fenômenos que ocorrem nas populações (e que não podem ser reduzidos a particularidades individuais), desde a estrutura social até os caminhos biológicos, sobre os efeitos que causam sobre a saúde (HOLST et al., 2001) (Figura 5).

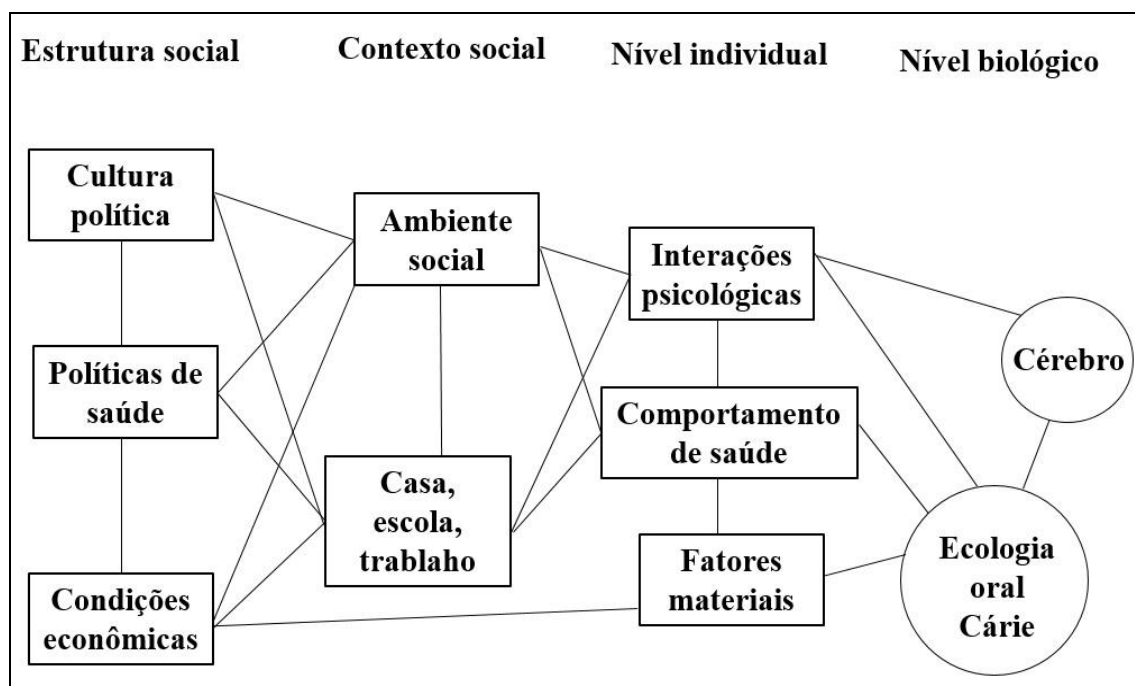


Figura 5. Modelo de Holst para uma abordagem estrutural na explicação da cárie dentária em populações (HOLST et al., 2001).

Outro modelo, de Patrick, apresenta as influências sobre a saúde e as disparidades na saúde bucal (Figura 6), sendo composto por diversos fatores, com caminhos múltiplos e dinâmicos que englobam a saúde bucal em um processo dinâmico em que atuam forças que podem perpetuar ou reduzir as desigualdades em saúde bucal (PATRICK et al., 2006). Essas forças estão presentes de acordo com o curso de vida, onde há macro fatores distais (fluoretação natural das águas, legislações, desigualdades em saúde bucal), fatores da comunidade ou intermediários (acesso a compra e consumo de açúcares, fluoretação artificial das águas, ambiente cultural e escolar, acesso aos serviços de saúde), fatores imediatos ou interpessoais (integração social, interação pacientes e profissionais) e os fatores proximais ou individuais (processos biológicos, comportamentos de saúde, como

consumo de açúcar, variáveis psicológicas), considerando que todos fazem parte de um estado de saúde individual e populacional em que os desfechos de saúde bucal se desenvolvem (PATRICK et al., 2006).

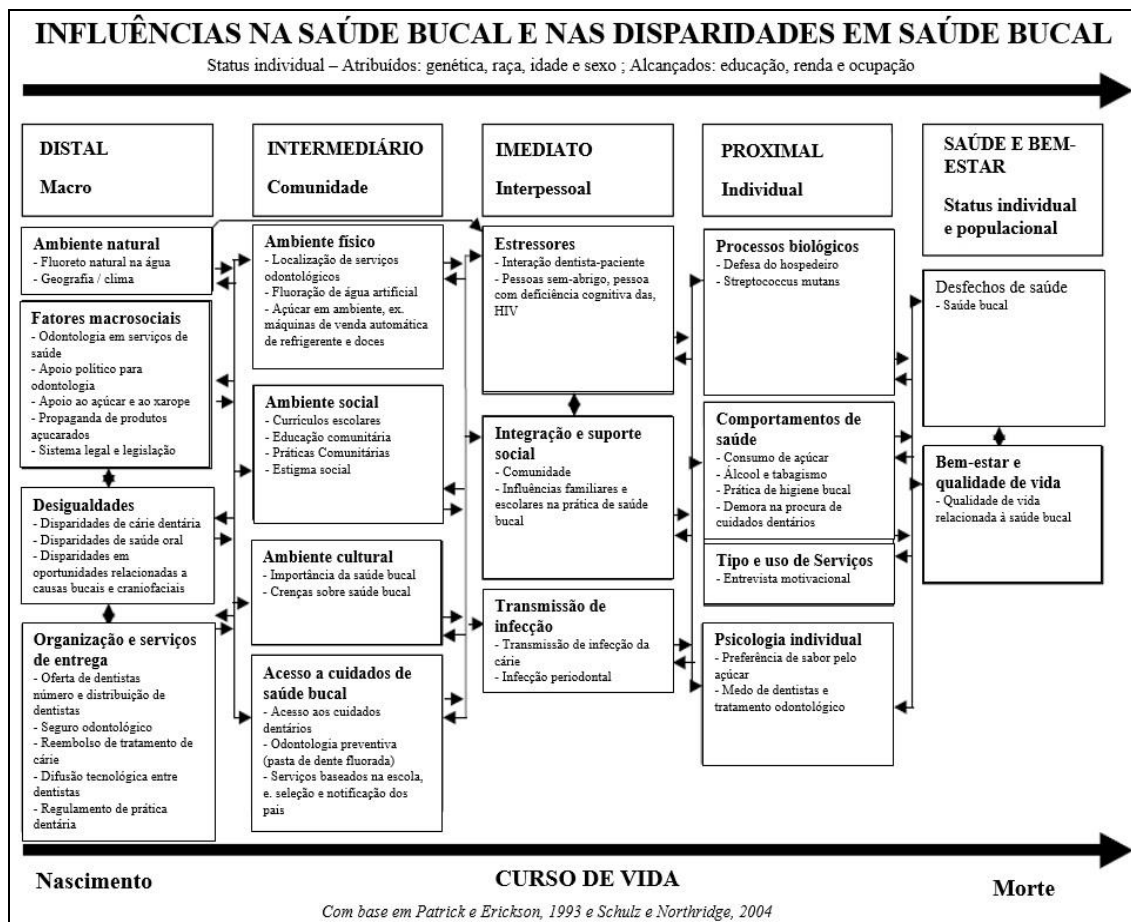


Figura 6. Modelo de Patrick, sobre influências na saúde bucal e nas disparidades em saúde bucal (PATRICK et al., 2006).

A avaliação de variáveis socioeconômicas, comportamentais como dieta e saúde bucal, pode ser feita utilizando ferramentas atuais para se chegar a modelos que explicam desigualdades em saúde bucal. Os gráficos acíclicos direcionais (DAG) são ferramentas gráficas não paramétricas que podem ser utilizadas para identificar variáveis de confundimento, mediadores e as consequências para estimar efeitos causais diretos e indiretos. Além disso, identificam colisores (efeito comum de duas variáveis em um determinado caminho, considerando duas setas colidindo em uma mesma variável, por exemplo, X e Y “colidem” em um lugar ao longo do caminho para produzir Z) e as variáveis que são simultaneamente confundidoras e mediadoras, resultando em um instrumento útil na análise de diversas variáveis relevantes em estudos com desfechos de saúde bucal (AKINKUGBE et al., 2016).

A partir de um modelo teórico conceitual (que pode ser construído a partir de um DAG), a análise dos dados para se chegar a modelos que explicam desigualdades em saúde bucal pode ser feita pela Modelagem de Equações Estruturais (SEM), que permite analisar efeitos diretos, indiretos (análise de mediação), totais ou específicos de um caminho das variáveis em estudo (BYRNE, 2012), utilizando um programa específico, como o MPlus 7.1 (BYRNE, 2012). Além disso, com a SEM pode-se fazer suposições de linearidade não apenas para uma variável desfecho, mas para mais de uma, além de permitir suposições sobre como as covariáveis estão relacionadas umas com as outras. Dessa forma, a SEM permite mais suposições do que menos, fornecendo mais resultados (VANDERWEELE, 2012).

O resultado de uma análise pela SEM geralmente é apresentado por uma figura (diagrama) que, dependendo do delineamento do estudo, apresentará associações entre as variáveis ou relações de causalidade. Os diagramas apresentam uma combinação de teoria de probabilidade gráfica que possuem conectores entre as variáveis que são setas de ponta única, podendo apresentar também viés de colisor, ou seja, variáveis que interceptam caminhos de confundimento e são chamadas de confundidores (GLYMOUR; GREENLAND, 2012). Assim, os diagramas demonstram explicações visuais flexíveis das relações entre as variáveis que correspondem a associações a partir de definições e regras apresentadas previamente desde que sejam contextualmente plausíveis (GLYMOUR; GREENLAND, 2012).

### **3 HIPÓTESE**

A partir de um maior status socioeconômico, consegue-se adquirir uma dieta mais saudável, o que por sua vez torna-se um fator de proteção contra a cárie dentária. Concomitantemente, um maior status socioeconômico pode estar relacionado também a um menor consumo de açúcar adicionado, o que por sua vez contribui com menor prevalência de cárie dentária em comparação com indivíduos de menor status socioeconômico. Dessa forma, a hipótese do estudo é que o consumo de uma dieta saudável e alimentos que contêm açúcar são mediadores da relação entre desigualdades socioeconômicas e cárie dentária em adultos.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Avaliar se a dieta e o consumo de açúcar são mediadores da relação entre condição socioeconômica e cárie dentária em adultos.

### **4.2 Objetivos específicos**

#### **Estudo 1**

Avaliar se a dieta e o consumo de açúcar são mediadores da relação entre condição socioeconômica e cárie dentária em adultos, a partir de dados do Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) 2004-2009.

#### **Estudo 2**

Avaliar se a dieta e o consumo de açúcar adicionado são mediadores da relação entre condição socioeconômica e cárie dentária em adultos, a partir de dados do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2015-2016.

## **5 MANUSCRITO 1**

O objetivo desse estudo foi avaliar se a dieta e o consumo de açúcar são mediadores da relação entre condição socioeconômica e cárie dentária em adultos a partir de dados do Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) 2004-2009.

Artigo submetido para a revista Caries Research.

*Research Article*

***Dietary pattern and their relation to socioeconomic inequalities and dental caries in adults: structural equation modeling analysis***

Inequalities involved among socioeconomic status, dietary pattern and dental caries

Keywords: health disparities; adult; diet, food, and nutrition; sucrose; oral health; dental caries; socioeconomic status; poverty.

**Abstract**

The objective was to evaluate the ways in which inequalities express their effects, mainly by the role of dietary pattern in the relationship between socioeconomic status (SES) and dental caries in the Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Life Span Study. This is a cross-sectional study carried out in Baltimore (2004-2009), with a sample comprised of 3,720 adults, aged 30-64 years. The analyzed variables consisted in SES, dietary pattern (Healthy Eating Index-HEI), oral health services (OHS), oral health needs (OHN), untreated dental caries (UDC), toothloss, among others. Descriptive analyses were presented and a structural equation model analysis was carried out to test specific paths between a set of concepts, treated as latent variables, SES and OHN, and observed variables. In the final model, the fit indices indicated good data representation for the complete sample (TLI=0.935, CFI=0.955, RSEMA=0.032, WRMR=1.539). Higher SES showed a strong inverse effect on UDC [standardized coefficient (SC)=-0.42,  $p<0.001$ ], with mostly direct (SC=-0.27,  $p<0.001$ ), but also indirect paths (SC=-0.14,  $p<0.001$ ) via HEI and OHS. More specifically, higher SES showed a direct effect on HEI (SC=0.32,  $p<0.001$ ), that was a protective factor (SC=-0.14,  $p<0.001$ ) against UDC. In conclusion material conditions act on caries via food consumption. This evidence is supportive of universal health care approaches that integrate programs for oral health and diet-related, as a strategy to reduce health disparities.



## Introduction

Health inequalities are increasing and are commonly measured comparing health status of social groups, such as those defined by race/ethnicity or by income [Kawachi et al., 2002]. It is important to investigate the disparities found between groups of individuals to seek alternative strategies to meet the health needs of the most vulnerable groups and reduce inequalities. Studies about determinants of oral disorders have found influences of socioeconomic conditions, psychosocial characteristics and lifestyle, besides recommending analyzes by sex and exploratory approaches in the study of causes of caries in populations [Aleksiejuniene et al., 2002]. The relationship between social inequalities and health has several explanations with diet being the main determinant of common diseases that lead to premature death and disability [Robertson et al., 2005; GBD 2017 Diet Collaborators, 2019].

An eating rich in saturated fats and low in vegetable foods, along with a sedentary lifestyle, is the main cause of obesity and overweight conditions, leading to increased risks of noncommunicable diseases (NCDs) such as cardiovascular diseases, cancers, diabetes and dental caries, the latter especially related to excessive and frequent intake of sugars [WHO, 2015a; WHO, 2015b; Moynihan, 2016; Moynihan, and Kelly, 2014]. In addition, the food security of members of a family depends on many factors, such as macroeconomics, availability and local accessibility, which influence food choice and individual preferences [Robertson et al., 2005]. However, there has been little research assessing whether the association between socioeconomic position (SEP) and dental caries is mediated by a poor dietary pattern and sugar intake [Petersen, and Kwan, 2011; Petersen, 1990]. This is an interesting hypothesis, since a linear and direct relationship between sugar intake and dental caries has been recently described in the literature [Bernabe et al., 2016].

The study Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Life Span (HANDLS) allows investigation of the process of social inequalities covering numerous variables related to SES, dietary pattern and oral health. Analysis of data from the HANDLS study reveals that the cardiovascular risk-related patterns of race are not fully explained by socioeconomic, behavioral, psychosocial, and biomedical variables. The conclusions suggest that it is necessary to identify the mechanisms underlying these racial differences in order to eliminate health disparities [Waldstein et al., 2016]. Moreover, the authors of the study recommend that future studies use structural equation modeling (SEM) to explore whether

the mediating pathways differ with respect to poverty. This is in line with the findings of a study on current epidemiological approaches on caries causality, in which the authors suggest that statistical methods involving SEM, path analysis and multilevel analysis be applied [Aleksejuniene et al., 2009]. There are few studies that analyzed the determinants of dental caries using SEM. One study found that socioeconomic conditions influence the caregivers' attitudes and knowledge in relation to children's caries [Qiu et al., 2014], while another found significant association between added sugar consumption and increased of chronic oral disease burden among adolescents [Carmo et al., 2018].

Thus, the use of SEM in the context of this proposition aims at allowing the analysis of several variables to understand complex processes of associations showing direct and indirect ways. Therefore, from the evidence on the direct relationship between the amount and frequency of consumption of sugar and caries [Bernabe et al., 2016], analyses using explanatory models to understand the mechanisms involved between socioeconomic inequalities, dietary pattern and oral health variables are needed [Holst et al., 2001]. In this context, structural equations are particularly useful because they allow the test of multiple hypotheses using observed and latent variables to decompose effects. Thus, the objective was to investigate the ways in which inequalities produce their effects, especially by analyzing the contribution of dietary pattern in mediating the relationship between SES and dental caries in adults aged 30 to 64 years old using data from the HANDLS Study.

## **Methods**

### **Design and context**

This is a cross-sectional study, which used data from the first wave (2004-2009) of data from participants in the HANDLS study, carried out in Baltimore from 2004 to present. The objective of HANDLS is to evaluate health outcomes related to aging, race and SES.

### **Ethics**

This study was approved by the National Institutes of Health Institutional Review Board (Protocol #09-AG-N248).

### **Participants**

Participants were from a fixed cohort of 3,720 African-Americans (AAs) and whites, aged between 30-64 years. Recruited in the city of Baltimore, participants comprise a

representative sample from low and high socioeconomic levels [Evans et al., 2010]. The inclusion criteria were ability to give informed consent; ability to perform at least 5 measures of the study; and have a valid image ID. The exclusion criteria included being pregnant or having received cancer treatment in the period of 6 months prior to the study commencement [Evans et al., 2004]. Participants' rights have been protected by an appropriate Institutional Review Board and written informed consent was granted from all subjects [Evans et al., 2010].

#### Variables

The variables analyzed were: sex (female or male), age (in years), highest grade school completed (from 1st grade education up to college education or more), total household income for past 12 months (from \$0 to \$75,000 or more), employed in last month (yes or no), poverty status (measure by self-reported household income based on 125% of the 2004 Health and Human Services Poverty Guidelines, categorized as above or equal to below the poverty line), Healthy Eating Index (HEI-2010), total sugars (grams/day), added sugar (grams/day), dental insurance (yes or no), frequency of dental visits (every 6 months or more), need teeth filled or replaced (yes or no), need improve appearance of teeth (yes or no) and need gum treatment (yes or no). The disease measures were untreated dental caries (UDC, present or absent), tooth loss (number of tooth loss self-reported), body mass index (kg/m<sup>2</sup>, from underweight to obesity) and diabetes (measure by glucose level, self-report or use of diabetes medication, categorized as no, pre-diabetes or diabetes self-reported).

Considering the SEM analyses, latent variables were SES: highest grade school completed (education), employed (employ), annual family income (income) and poverty status. For oral health needs (OHN) we considered: gingival treatment, teeth filled or replaced, improvement of appearance. Observed variables were: sex (male), age (years), HEI (score: 1-100), sugar (g/day), dental insurance (yes), frequency of dental visits (dental visits each 6 months), UDC (dental caries), tooth loss, body mass index (obesity) and diabetes.

#### Data sources/Measurements

Data were collected in two stages. First, participants were interviewed in their homes and answered questionnaires that included sociodemographic, health, health services use information, and the first of two dietary recalls. The second stage took place in a mobile unit where physical examination and 24h diet recall were carried out. Physical examination was

performed by a physician or a nurse practitioner with the objective of documenting identifiable conditions and disabilities that could limit independent activities of daily living. Diet recalls were collected in relation to food and beverages consumed in the 24 hours prior to the assessment. An interviewer recorded dietary information using the Automated Multiple Pass Method developed by the US Department of Agriculture (USDA). This method comprises the use of measure standards and illustrations that are used to orient respondents in the estimation of precise amounts of foods and beverages consumed [Evans et al., 2004]. The amount of sugars eaten per day, in grams, were obtained from the dietary recalls, considering the mean of the day 1 and 2.

This study also used the HEI-2010, a measure of dietary quality that is evaluated following the United States Dietary Guidelines [Guenther et al., 2013]. The HEI-2010 is obtained from a questionnaire that contain 12 components, weighted equally at 10 points. Fruits, vegetables, and proteins have two components (total and a subgroup) that are allotted 5 points each. Empty calories are allotted 20 points because the added sugars, solid fats, and alcoholic beverages that make up this component contribute in excess calories and may displace nutrient-dense foods from the diet. Each group has a maximum score and HEI has a total score that sums up to 100, with higher scores indicating conformity with dietary recommendations. The index contains the following groups, with maximum points in parentheses: total fruit (5), whole fruit (5), total vegetables (5), greens and beans (5), whole grains (10), dairy (10), total protein foods (5), seafood and plant proteins (5), FAs (Fatty Acids) (10), refined grains (10), sodium (10), empty calories (20). It is used to evaluate the quality of the diet of the US population and subpopulations, based on research about dietary patterns [Guenther et al., 2013]. The index was validated as a reliable measure of dietary quality, in accordance with the United States Dietary Guidelines that used in National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2002-2003 data.[Guenther et al., 2014]

#### Control of Biases

This study used procedures to examine possible sources of bias that could have been introduced by non-response. First, demographic data of the participants were compared with the demographics data of the neighborhoods where the participants were recruited. Second, eligible participants who refused to participate were invited to complete the SF-12 questionnaire (A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary

tests of reliability and validity), a short evaluation about the health status that was also administered in participants during the home interview [Evans et al., 2010].

#### Direct Acyclic Graph

Previous to data analysis and based on a literature review [Dahlgren, and Whitehead, 2006; Fejerskov, 2004; Robertson et al., 2005; Holst et al., 2001; Patrick et al., 2006], a Direct Acyclic Graph (DAG) was developed using a visual tool [Akinkugbe et al., 2016] which allows the representation of relations of explicit hypothesized associations between latent and observed variables and the complexity of their paths (Figure 1).

Therefore the model was based on five concepts to be tested: 1-Socioeconomic status (SES, latent variable) is related to Healthy Eating index (HEI), total sugar, untreated dental caries, tooth loss, dental insurance and dental visits; 2- HEI is related to untreated dental caries and total sugar; total sugar is related to untreated dental caries and tooth loss; 3- Health status where diabetes and obesity are related to total sugar, obesity related to diabetes and obesity is related to HEI; 4-Oral health needs (latent variable) are related to SES, untreated dental caries and tooth loss; 5-Dental services where dental insurance is related to SES and dental visits, and dental visits is related to SES, untreated dental caries and tooth loss.

#### Analysis

Descriptive analysis was presented with absolute and relative frequencies and the prevalence of population below and above poverty status for each variable. In addition, the prevalence of UDC was calculated according to below and above poverty status.

Structural equation analyses were performed in two stages. A first step was to assess the measurement model, which contained only latent variables with no causal relations among them. In this step, composite indicators were also tested as latent variables. A concept involving potential collinear variables and composite scores were proposed specifically for this study in an exploratory way based on a set of variables.

A second step was the proposal of a structural model, as no operational model exists to test our hypothesis. This structural model was constructed based on previous empirical research when available, using latent variables and observed variables. The analysis was carried out using SEM in Mplus 7.1 [Byrne, 2012]. Anticipating a potential misfit,

Modification Indices (MI) were implemented when theoretically plausible and  $MI > 20$ . In addition, non-significant coefficients were removed in stepwise way for  $p > 0.10$ .

The structural model was assessed using conventional comparative (CFI: Comparative Fit Index and TLI: Tucker-Lewis index) and absolute (RMSEA: Root mean-square error of approximation and WRMR: Weighted Root Mean Square Residual) indices provided by the software. Considering the inclusion of continuous and categorical variables, WLSMV (Weighted Least Squares Mean-variance) estimator was used and Standardized coefficients (SC) were provided as well as the total direct and indirect effect of the association between SES and UDC (via sugar), SES and UDC (via HEI), SES and tooth loss (via sugar) and SES and tooth loss (via HEI). The interpretation of standardized coefficients were made according to Kline [Kline, 2014], where SC 0.10 means a small effect, an SC 0.30 means a medium effect and a SC larger than 0.50 means a strong effect. SEM analysis was carried out using pairwise deletion; therefore, analytical sample size varied according to each pair of variables.

## Results

The studied sample was comprised of 3,720 adults, whom 2,035 (54.7%) were women and with mean age of 48.21 ( $\pm 9.34$ ) years (Table 1). In relation to poverty status, 1,535 (41.3%) were below and 2,185 (58.7%), above. Table 1 shows results pertaining to all descriptive characteristics of sample related to poverty status and UDC, considering the number of data available for each variable of interest. There were more individuals above poverty status with better HEI (475, 65.5%) than below (250, 34.5%). However, the persons above poverty status had a more consumption of sugar (g/day), 655 (58.0%) (Table 1).

Table 2 shows the effect coefficients among variables comparing the initial and final models. In the initial model, the fit indices indicated a reasonable data representation for the complete sample [TLI = 0.90, CFI = 0.93, RSEMA = 0.038 (CI=0.035-0.041), WRMR=1.773]. The latent variable, higher SES, showed a direct effect (SC=0.32,  $p < 0.001$ ) on HEI, which was associated (SC=-0.16,  $p < 0.001$ ) to UDC.

In the final model (Table 2 and Figure 2), were implemented changes, when theoretically plausible in some effect directions based in the modification indices and removal of non-significant coefficients, to improve the fit indices of the model: effects were inserted for dental visits on OHN, sugar/day on tooth loss; and removed for UDC on dental

visits, SES and obesity on sugar/day, obesity on HEI, sugar/day on UDC, and dental visits on tooth loss were included. The fit indices indicated good data representation for the complete sample [TLI =0.935, CFI =0.955, RSEMA =0.032 (CI=0.029-0.035), WRMR=1.539].

The latent variable higher SES showed different effects on UDC. There was a direct effect (SC=-0.27,  $p<0.001$ ) and a total indirect effect (SC=-0.13,  $p<0.001$ ), via dental insurance, dental visits and HEI. Thus, higher SES showed a total strong effect on UDC (SC=-0.40,  $p<0.001$ ). More specifically, higher SES presented a direct effect on better HEI (SC=0.32,  $p<0.001$ ), that was as protective factor against UDC (SC=-0.14,  $p<0.001$ ). The analysis of the effect of SES on UDC via HEI was statistically significant (SC=-0.048,  $p<0.001$ ) (Table 2 and Figure 2).

The latent variable, OHN, was a collider from SES (SC=-0.19,  $p<0.001$ ), UDC (SC=0.29,  $p<0.001$ ), tooth loss (SC=0.10,  $p<0.001$ ) and dental visits (SC=-0.24,  $p<0.001$ ) (Table 2 and Figure 2). This collider contributed to explaining the relations between variables with the use of SEM, meaning that individuals with high SES and dental visits every 6 months presented fewer OHN and people with UDC and tooth loss had greater needs of oral health care.

## Discussion

This study showed that SES was associated with untreated dental caries, which was partially mediated by HEI in an adult population. This confirms in part the study hypothesis, as having a higher socioeconomic status was a protective factor against UDC via a healthier dietary pattern. These results concur with previous research showing an association between Healthy Eating Index and non-communicable diseases [Schwingshackl et al., 2018], including a study that showed an association between the protective role of HEI on dental caries in children [Zaki et al., 2015]. Taken together, this evidence is supportive of common risk factors in non-communicable diseases [WHO, 2015a; WHO, 2013; Sheiham, and Watt, 2000]. To our knowledge, this is one of the few studies to confirm that dietary pattern mediates the relation of SES with untreated dental caries in adults [Chi et al., 2014; Petersen, and Kwan, 2011]. In addition, the association of socioeconomic status with untreated dental caries was mediated by dental insurance and visits to the dentist, representing an additional mechanism by which socioeconomic status exerts its effects on caries. There were similar

results for adults in which dental caries and greater dental service use were found among participants with higher socioeconomic status [Broadbent et al., 2016].

Moreover, OHN were a collider between SES, UDC, tooth loss, and dental visits, suggesting that lower SES, possessing fewer teeth, and more caries were associated with greater oral health care needs. In addition, this means OHN were a common effect from these variables. This permits a more complete understanding of the effect among these variables that might be more complicated if OHN were not be measured. These findings confirm previous evidence from studies showing an association of SES and tooth loss with oral health care needs, but in independent analysis [Bhandari et al., 2016]. This is one of the first epidemiological studies confirming a collider predicted in a DAG, as presented in Figure 2, allowing a better understanding of OHN in adults. It also showed the importance of the use of SEM to present relations between variables, which is not possible in traditional regression methods.

There are persistent oral health inequalities in the adult population corroborated in the literature [Schwendicke et al., 2015]. The relationship between consumption of a healthier dietary pattern and a reduction in mortality risk due to NCDs is established in the literature [Schwingshackl et al., 2018]. In the present study, individuals with higher SES had fewer dental caries, which was related to higher HEI scores. This confirmed that diet is one of the mechanisms explaining oral health inequalities, particularly in relation to dental caries [Robertson et al., 2005]. The importance of a good diet for promoting health is widely recognized. In addition, healthy eating depends on better socioeconomic conditions, which is a well-known predictor of better health outcomes. This study confirms this pertaining to dental caries.

The non-significant effect of total sugar consumption on UDC can be explained because in the model there was an overlap of sugar consumption, which is also included in HEI measure (intrinsic sugars naturally present in whole fruits, vegetables and grains, which are not related to development of dental caries and the component empty calories which also include added sugars which is related to dental caries) [Guenther et al., 2013]. This lack of association is discordant with the literature, which shows an association between frequency and amount of sugar with dental caries in adults [Vega-Lopez et al., 2018; Bernabe et al., 2016; Sheiham, and James, 2015]. In addition, any dietary recall has the



inherent errors that come with memory and estimation of quantity eaten. However, considering an evaluation that included many components from the diet, finding HEI as a mediator between SES and UDC is an unprecedented result, which contributes to a better understanding of development of dental caries in the population.

In conclusion, this study provided evidence for the mechanisms by which socioeconomic inequalities manifest themselves in the adult population, mainly in relation to the finding that HEI was a partial mediator between SES with dental caries and tooth loss. This suggests that differences in the consumption a healthy dietary pattern can explain better the oral health outcomes in the population depending on SES. This evidence may contribute to clarifying the main mechanisms for preventing oral diseases and reduce social inequalities.

## **Statements**

### **Statement of Ethics**

This study was approved by the National Institutes of Health Institutional Review Board (Protocol #09-AG-N248).

### **Disclosure Statement**

The authors have no conflicts of interest to declare.

### **Funding sources**

The HANDLS Study is funded by the National Institute on Aging - Intramural Research Program; CS hold a fellowship from Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES); RKC, FNH and JBH hold a PQ-2 fellowship from National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

## References

- Akinkugbe AA, Sharma S, Ohrbach R, Slade GD, Poole C: Directed Acyclic Graphs for Oral Disease Research. *J Dent Res* 2016;95:853–859.
- Aleksejuniene J, Holst D, Brukiene V: Dental caries risk studies revisited: causal approaches needed for future inquiries. *Int J Environ Res Public Health* 2009;6:2992–3009.
- Aleksejuniene J, Holst D, Grytten JI, Eriksen HM: Causal patterns of dental health in populations. An empirical approach. *Caries Res* 2002;36:233–240.
- Bernabe E, Vehkalahti MM, Sheiham A, Lundqvist A, Suominen AL: The Shape of the Dose-Response Relationship between Sugars and Caries in Adults. *J Dent Res* 2016;95:167–172.
- Bhandari B, Newton JT, Bernabé E: Social inequalities in adult oral health in 40 low- and middle-income countries. *Int Dent J* 2016;66:295–303.
- Broadbent JM, Zeng J, Foster Page LA, Baker SR, Ramrakha S, Thomson WM: Oral Health-related Beliefs, Behaviors, and Outcomes through the Life Course. *J Dent Res* 2016;95:808–813.
- Byrne BM: *Structural Equation Modeling with Mplus: basic concepts, applications, and programming*, Routledge, 2012.
- Carmo CDS, Ribeiro MRC, Teixeira JXP, Alves CMC, Franco MM, Franca AKTC, et al.: Added Sugar Consumption and Chronic Oral Disease Burden among Adolescents in Brazil. *J Dent Res* 2018;97:508–514.
- Chi DL, Masterson EE, Carle AC, Mancl LA, Coldwell SE: Socioeconomic status, food security, and dental caries in us children: Mediation analyses of data from the national health and nutrition examination survey, 2007-2008. *Am J Public Health* 2014;104:860–864.
- Dahlgren G, Whitehead M: *European strategies for tackling social inequities in health: Levelling up Part 2*. Copenhagen World Health Organ 2006;
- Evans MK, Lepkowski JM, Powe NR, LaVeist T, Kuczmarski MF, Zonderman AB: Healthy aging in neighborhoods of diversity across the life span (HANDLS): overcoming barriers to implementing a longitudinal, epidemiologic, urban study of health, race, and socioeconomic status. *Ethn Dis* 2010;20:267–275.
- Evans MK, Zonderman AB, HANDLS Co-Investigators: *Healthy aging in neighborhoods of diversity across the life span (HANDLS) Research Protocol.*, Baltimore, National

- Institutes of Health, 2004.
- Fejerskov O: Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries Res* 2004;38:182–191.
- GBD 2017 Diet Collaborators: Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* (London, England) 2019;393:1958–1972.
- Guenther PM, Casavale KO, Reedy J, Kirkpatrick SI, Hiza HAB, Kuczynski KJ, et al.: Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet* 2013;113:569–580.
- Guenther PM, Kirkpatrick SI, Reedy J, Krebs-Smith SM, Buckman DW, Dodd KW, et al.: The Healthy Eating Index-2010 is a valid and reliable measure of diet quality according to the 2010 Dietary Guidelines for Americans. *J Nutr* 2014;144:399–407.
- Holst D, Schuller AA, Aleksejuniene J, Eriksen HM: Caries in populations--a theoretical, causal approach. *Eur J Oral Sci* 2001;109:143–148.
- Kawachi I, Subramanian S V, Almeida-Filho N: A glossary for health inequalities. *J Epidemiol Community Health* 2002;56:647–652.
- Kline P: *An easy guide to factor analysis*, London, Routledge, 2014.
- Moynihan P: Sugars and Dental Caries: Evidence for Setting a Recommended Threshold for Intake. *Adv Nutr* 2016;7:149–156.
- Moynihan PJ, Kelly SAM: Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res* 2014;93:8–18.
- Patrick DL, Lee R, Nucci M, Grembowski D, Jolles C, Milgrom P: Reducing Oral Health Disparities: A Focus on Social and Cultural Determinants. *BMC Oral Health* 2006;6:S4.
- Petersen PE: Social inequalities in dental health. Towards a theoretical explanation. *Community Dent Oral Epidemiol* 1990;18:153–158.
- Petersen PE, Kwan S: Equity, social determinants and public health programmes--the case of oral health. *Community Dent Oral Epidemiol* 2011;39:481–487.
- Qiu RM, Lo ECM, Zhi QH, Zhou Y, Tao Y, Lin HC: Factors related to children's caries: a structural equation modeling approach. *BMC Public Health* 2014;14:1071.
- Robertson A, Brunner E, Sheiham A: Food is a political issue; in : *Social Determinants of Health*. Oxford, 2005.
- Schwendicke F, Dorfer CE, Schlattmann P, Foster Page L, Thomson WM, Paris S:

- Socioeconomic inequality and caries: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2015;94:10–18.
- Schwingshackl L, Bogensberger B, Hoffmann G: Diet Quality as Assessed by the Healthy Eating Index, Alternate Healthy Eating Index, Dietary Approaches to Stop Hypertension Score, and Health Outcomes: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *J Acad Nutr Diet* 2018;118:74-100.e11.
- Sheiham A, James WPT: Diet and Dental Caries: The Pivotal Role of Free Sugars Reemphasized. *J Dent Res* 2015;94:1341–1347.
- Sheiham A, Watt RG: The common risk factor approach: a rational basis for promoting oral health. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000;28:399–406.
- Vega-Lopez S, Lindberg NM, Eckert GJ, Nicholson EL, Maupome G: Association of added sugar intake and caries-related experiences among individuals of Mexican origin. *Community Dent Oral Epidemiol* 2018;46:376–384.
- Waldstein SR, Moody DLB, McNeely JM, Allen AJ, Sprung MR, Shah MT, et al.: Cross-sectional relations of race and poverty status to cardiovascular risk factors in the Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Lifespan (HANDLS) study. *BMC Public Health* 2016;16:258.
- WHO: Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020, Geneva, World Health Organization, 2013.
- WHO: Healthy diet [Internet] 2015a;6.
- WHO: WHO Guideline: “Sugars intake for adults and children” raises some question marks. *Agro Food Ind Hi Tech* 2015b;26:34–36.
- Zaki NAA, Dowidar KML, Abdelaziz WEE: Assessment of the Healthy Eating Index-2005 as a predictor of early childhood caries. *Int J Paediatr Dent* 2015;25:436–443.

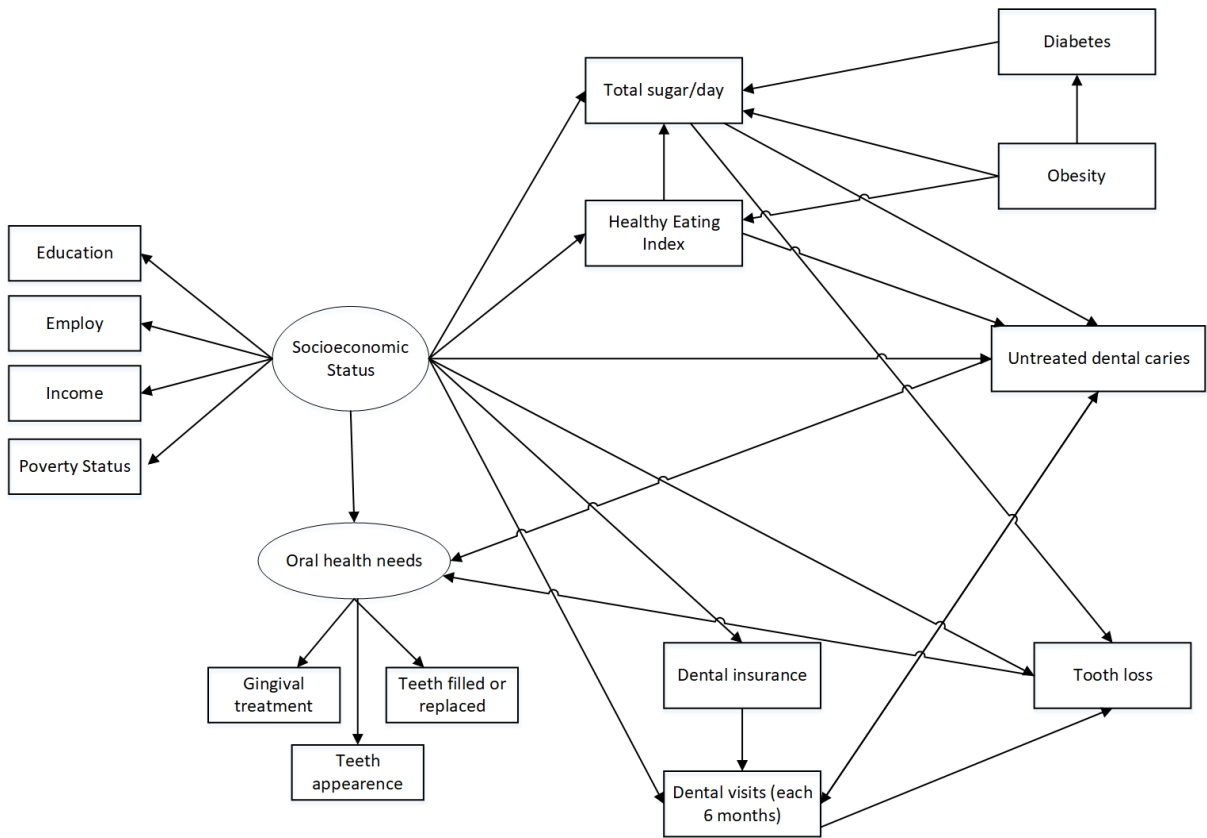


Figure 1. Direct Acyclic Graph representing the associations reported in the literature, not including sex and age associations.

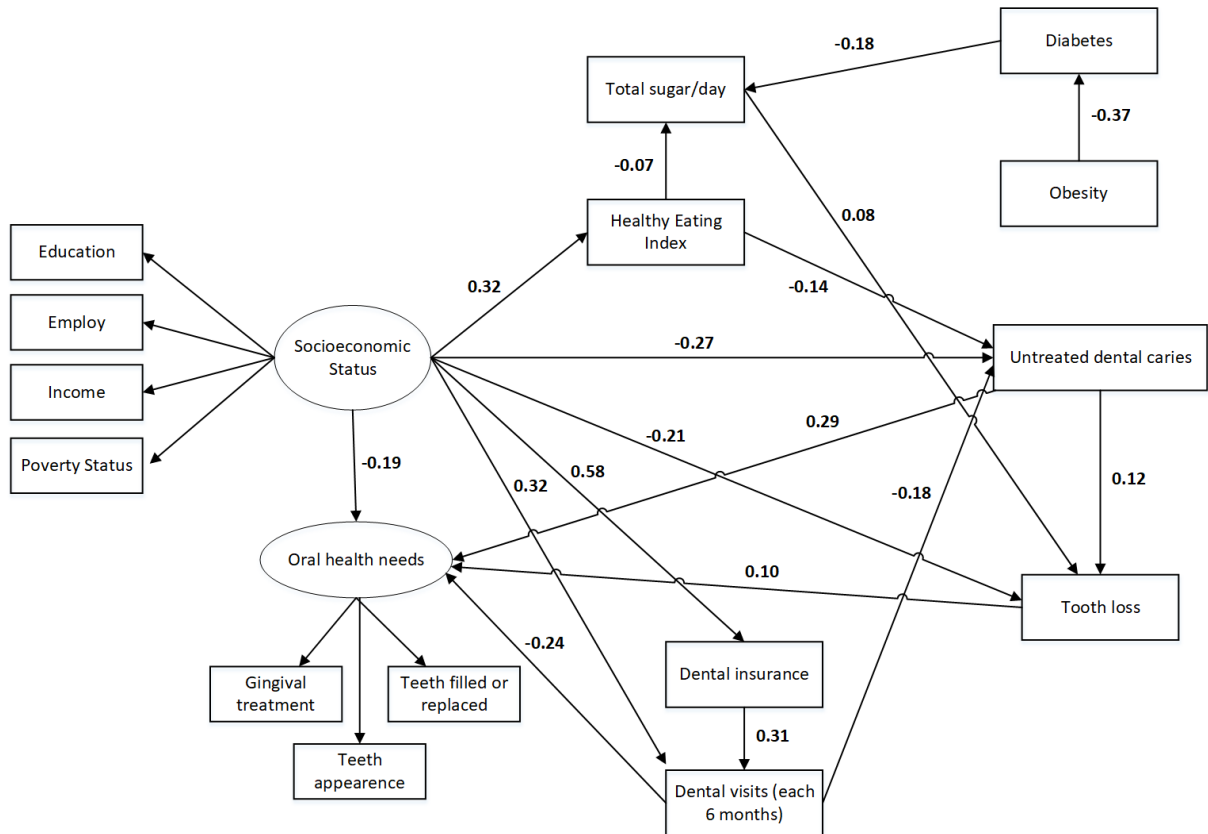


Figure 2. Final model of diagram effects HANDLS, not including sex and age associations. Baltimore, 2004-2009 (Wave 1).

Table 1. Characteristics of the sample and prevalence of untreated dental caries (UDC), stratified by poverty status, HANDLS, Baltimore, 2004-2009 (Wave 1).

Variable	n(%)	Poverty Status		Poverty Status	
		Below n(%)	Above n(%)	Below UDC	Above UDC
<b>Sociodemographics</b>					
<b>Sex</b>					
Female	2,035 (54.7)	881 (43.3)	1,154 (56.7)	37%	17%
Male	1,685 (45.3)	654 (38.8)	1,031 (61.2)	40%	24%
<b>Age (in years)</b>	48.2 (SD=9.34)*				
<b>Socioeconomic status</b>					
<b>Highest grade school completed</b> (n=3,624)					
1st to 11th year	1,242 (33.4)	675 (54.3)	567 (45.65)	44%	32%
High School/GED	1,240 (33.3)	513 (41.4)	727 (58.6)	38%	21%
From college or more	1,142 (30.7)	314 (27.5)	828 (72.5)	27%	12%
<b>Total household income in the last year</b> (n=2,306)					
Low tercile (\$0 - \$14,999)	800 (34.7)	553 (69.1)	247 (30.9)	40%	34%
Middle tercile (\$15,000 - \$39,999)	757 (32.8)	307 (40.5)	450 (59.5)	38%	22%
High tercile (\$40,000 - \$75,000+)	749 (32.5)	107 (14.3)	642 (85.7)	31%	12%
<b>Employed in the last month</b> (n=3,628)					
No	1,568 (42.2)	909 (58.0)	659 (42.0)	40%	25%
Yes	2,060 (56.8)	596 (28.9)	1,464 (71.1)	36%	18%
<b>Dietary patterns</b>					
<b>Total Healthy Eating Index (HEI)</b> (n=2,177)					
Low tercile (12.6-36.6)	726 (33.4)	341 (47.0)	385 (53.0)	42%	25%
Middle tercile (36.7-46.3)	726 (33.3)	343 (47.2)	383 (52.8)	40%	24%
High tercile (46.4-89.4)	725 (33.3)	250 (34.5)	475 (65.5)	34%	11%
<b>Total sugars</b> (grams/day) (n=2,177)					
Low tercile (0-78.1)	726 (33.4)	321 (44.2)	405 (55.8)	33.4%	30.1%
Middle tercile (78.2-131.4)	726 (33.3)	284 (39.1)	442 (60.9)	31.4%	36.5%
High tercile (131.5-684.2)	725 (33.3)	329 (45.4)	396 (54.6)	35.1%	33.5%
<b>Added sugars</b> (grams/day) (n=2,177)					
Low tercile (0-30.9)	726 (33.4)	270 (37.2)	456 (62.8)	28.3%	28.8%
Middle tercile (31.0-76.6)	726 (33.3)	314 (43.2)	412 (56.8)	34.6%	33.1%
High tercile 76.7-442.8)	725 (33.3)	350 (48.3)	375 (51.7)	37.1%	38.2%
<b>Oral health services</b>					
<b>Dental Insurance</b> (n=3,613)					
No	1,987 (55.0)	1,052(52.9)	935 (47.1)	41%	28%



Yes	1,626 (45.0)	442 (27.2)	1,184 (72.8)	37%	14%
<b>Frequency of dental visits</b>					
(n=3,628)					
Every 6 months	550 (15.2)	128 (23.3)	422 (76.7)	26%	7%
At least once a year	426 (11.7)	152 (35.7)	274 (64.3)	31%	14%
Whenever needed, no regularity	1,702 (46.9)	740 (43.5)	962 (56.5)	40%	27%
Never	666 (18.4)	379 (56.9)	287 (43.1)	45%	30%
Other	284 (7.8)	106 (37.3)	178 (62.7)	28%	14%
<b>Oral health needs</b>					
<b>Need teeth filled or replaced (n=3,342)</b>					
No	1,311 (39.2)	419 (32.0)	892 (68.0)	31%	12%
Yes	2,031 (60.8)	957 (47.1)	1,074 (52.9)	45%	29%
<b>Need of improving teeth appearance (n=3,353)</b>					
No	2,258 (67.3)	837 (37.1)	1,421 (62.9)	39%	19%
Yes	1,095 (32.7)	547 (49.9)	548 (50.1)	44%	28%
<b>Need of gingival treatment (n=3,593)</b>					
No	2,414 (67.2)	890 (36.9)	1,524 (63.1)	34%	15%
Yes	1,179 (32.8)	596 (50.6)	583 (49.4)	44%	32%
<b>Disease outcomes</b>					
<b>Untreated dental caries</b>					
(n=2,743)					
Absent	1,986 (72.4)	687 (34.6)	1,299 (65.4)		
Present	757 (27.6)	430 (56.8)	327 (43.2)	57%	43%
<b>Tooth loss (n=3,346)</b>					
5.99 (SD=6.87)*					
0 - 2 tooth loss (1st tercile)	1,325 (39.6)	448 (33.8)	877 (66.2)	24%	12%
3 - 6 tooth loss (2nd tercile)	1,050 (31.4)	439 (41.8)	611 (58.2)	47%	25%
7 - 28 tooth loss (3rd tercile)	971 (29.0)	493 (50.8)	478 (49.2)	49%	35%
<b>Body mass index (kg/m<sup>2</sup>) (n=2,847)</b>					
Underweight	91 (3.2)	52 (57.1)	39 (42.9)	46%	32%
Normal weight	721 (25.3)	351 (48.7)	370 (51.3)	40%	23%
Overweight	811 (28.4)	293 (36.1)	518 (63.9)	41%	19%
Obesity	1,230 (43.1)	478 (38.9)	752 (61.1)	36%	19%
<b>Diabetes (n=2,756)</b>					
No	1,786 (64.8)	749 (41.9)	1,037 (58.1)	39%	19%
Pre-Diabetes	489 (17.7)	184 (37.6)	305 (62.4)	38%	21%
Diabetes	481 (17.5)	202 (42.0)	279 (58.0)	37%	24%

\*Mean and Standard deviation; Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Life Span (HANDLS).

Table 2. Standardized coefficients of the structural model, HANDLS, Baltimore, 2004-2009 (Wave 1).

Effects	Initial model		Final model	
	Estimates (SC)	p-value	Estimates (SC)	p-value
<b>SES</b>				
Male	-0.01	0.773	0.11	0.004
Age	-	-	-0.05	0.003
<b>HEI</b>				
SES	0.31	0.000	0.32	0.000
Age	0.12	0.000	0.13	0.000
Male	-	-	-0.10	0.000
Obesity	0.03	0.158	-	-
<b>Sugar/day</b>				
SES	0.00	0.708	-	-
Male	0.34	0.000	0.32	0.000
Age	-0.05	0.006	-0.05	0.004
HEI	-0.08	0.002	-0.07	0.005
Obesity	0.00	0.784	-	-
Diabetes	-0.19	0.000	-0.18	0.000
<b>Dental Insurance</b>				
SES	0.59	0.000	0.58	0.000
Male	-	-	-0.32	0.000
<b>Dental visits (each 6 months)</b>				
SES	0.20	0.000	0.32	0.000
Male	-	-	-0.32	0.000
Dental insurance	0.35	0.000	0.31	0.000
Untreated dental caries	-0.24	0.010	-	-
<b>Oral health needs</b>				
SES	-0.31	0.000	-0.19	0.000
Male	-0.05	0.254	-0.10	0.041
Dental visits (each 6 months)	-	-	-0.24	0.000
Untreated dental caries	0.37	0.000	0.29	0.000
Tooth loss	0.07	0.003	0.10	0.000
<b>Untreated dental caries</b>				
SES	-0.31	0.000	-0.27	0.000
Age	0.07	0.007	-	-
Dental visits (each 6 months)	-0.06	0.543	-0.18	0.000
HEI	-0.16	0.000	-0.14	0.000
Sugar/day	0.04	0.061	-	-
<b>Tooth loss</b>				
SES	-0.22	0.000	-0.21	0.000
Age	0.30	0.000	0.31	0.000
Dental visits (each 6 months)	0.04	0.133	-	-
Sugar/day	-	-	0.08	0.000
Untreated dental caries	0.17	0.000	0.12	0.000
<b>Obesity</b>				
Male	-0.21	0.000	-0.21	0.000
Age	0.03	0.063	0.03	0.063
<b>Diabetes</b>				

Age	0.27	0.000	0.27	0.000
Male	0.10	0.000	0.10	0.000
Obesity	0.37	0.000	0.37	0.000
<b>Mediation analysis of SES to UDC</b>				
<b>Total effect direct</b>	-0.398	0.000	-0.421	0.000
<b>Total indirect</b>	-0.086	0.133	-0.142	0.000
<b>via Sugar</b>	-0.001	0.388	0.001	0.000
<b>via HEI</b>	-0.054	0.000	-0.048	0.000
<b>Mediation analysis of SES to Tooth loss</b>				
<b>Total Effect</b>	-0.268	0.000	-0.269	0.000
<b>Total indirect</b>	-0.044	0.004	-0.056	0.000
<b>via Sugar</b>	0.000	0.394	-0.002	0.016
<b>via HEI</b>	-0.009	0.000	-0.008	0.000
<b>Tests of model fit</b>				
<b>RMSEA</b>	0.038		0.032	
<b>CFI</b>	0.938		0.955	
<b>TLI</b>	0.907		0.935	
<b>WRMR</b>	1.773		1.539	

---

Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Life Span (HANDLS); SC (Standardized Coefficients); SES (Socioeconomic Status); HEI (Healthy Eating Index); RMSEA (Root mean-square error of approximation); CFI (Comparative Fit Index); TLI (Tucker-Lewis index); WRMR (Weighted Root Mean Square Residual).

Interpretation of standardized coefficients: SC 0.10 means a small effect; an SC 0.30 means a medium effect and a SC larger than 0.50 means a strong effect.

## **6 MANUSCRITO 2**

O objetivo desse estudo foi avaliar se a dieta e o consumo de açúcar adicionado são mediadores da relação entre condição socioeconômica e cárie dentária em adultos participantes do National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2015-2016.

Artigo submetido a revista *Clinical Oral Investigations*.

**Is dietary pattern mediator of the relation between socioeconomic status and dental caries?**

Caroline Stein<sup>1</sup>, Joana Cunha-Cruz<sup>2</sup>, Fernando Neves Hugo<sup>1,3</sup>

1 - Program of Postgraduate Studies in Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil

2 - Department of Oral Health Sciences, School of Dentistry, University of Washington, United States

3 - Department of Preventive and Social Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract:

**Objective:** To investigate whether a healthy diet and added sugar mediate the relationship between socioeconomic status and oral health status in adults in the United States.

**Methods:** This is a cross-sectional study of the adult participants (30-64 years) of the 2015-2016 National Health and Nutrition Examination Survey (n=3,367). A structural equation model analysis was carried out to test specific paths. The outcome was the prevalence of untreated dental caries. Socioeconomic status (SES), the main explanatory variable, was represented by a latent variable. Dietary factors were measured using the Healthy Eating Index and added sugar and were considered the main potential mediators. Covariates included were oral health perception as a latent variable, and age, sex, frequency of dental visits, health insurance, tooth loss, body mass index, and diabetes as observed variables.

**Results:** In the structural model, the fit indices indicated good data representation for the complete sample (TLI=0.924, CFI=0.950, RMSE=0.039, WRMR=1,636). In US adults, higher SES had an inverse association with untreated dental caries [standardized coefficient (SC)=-0.37,  $p<0.001$ ], with both a direct path (SC=-0.19,  $p<0.001$ ), and an indirect paths (SC=-0.17,  $p<0.001$ ) via healthy diet, added sugar, dental visits, and health insurance. There was a positive direct effect of higher SES on healthy diet (SC=0.16,  $p<0.001$ ), which in turn was a protective factor (SC=-0.13,  $p<0.001$ ) for untreated dental caries.

**Conclusions:** A healthy diet was one of the mechanisms mediating socioeconomic inequities in untreated dental caries and added sugar consumption was a contributing factor to the development of caries, but it was not related to SES. Approaches to tackle inequities among US adults should incorporate the diet as whole related to oral health.

**Key words:** Health Status Disparities; Diet, Food, and Nutrition; Oral Health; Dental Caries; Tooth Loss; NHANES.

## INTRODUCTION

There are socioeconomic inequities in oral health in the US adult population [Mejia et al., 2018; Huang, and Park, 2015]. A systematic review that evaluated the interactions between social adversities and biological systems related to oral diseases found that SES and financial stress are associated with an increase in the number of bacteria that cause dental caries [Gomaa et al., 2016]. The evidence on the socioeconomic explanation for oral health inequalities mainly includes differences due to income, educational level, employment, and poverty status [Schwendicke et al., 2015; Qiu et al., 2014; Bof de Andrade et al., 2017]. Other factors such as the use of oral health services, frequency of visits to the dentist and oral health needs are also influenced by socioeconomic status (SES) [Patrick et al., 2006; McMahon et al., 2018; Bhandari et al., 2016].

The diet quality of US adults differs by income and education level [Hiza et al., 2013; Fang Zhang et al., 2018; Mendy et al., 2017]. A study with the US population, using the Healthy Eating Index (HEI) found that the diet quality of the adults improves with income level [Hiza et al., 2013]. In addition, the consumption of sugar-sweetened beverages (SSB), at least once daily, also is related to sociodemographic characteristics, such as education level, and annual household income among Mississippi adults [Mendy et al., 2017]. Dietary factors, particularly added sugars, are fundamental contributors in the process of dental caries development and progression [Hujoel, and Lingstrom, 2017; FDI, 2015]. The linear relationship between sugar and dental caries experience was recently described in a cohort study with 1,702 adults where the increasing levels of every 10 grams of sugar consumed lead to increasing caries (0.09 DMFT units; 95% CI: 0.02 to 0.15) in a mutually adjusted linear mixed effects model, throughout the 11 years follow-up period [Bernabe et al., 2016]. Apart from sugar, it is important to ask if other dietary components interfere in oral health outcomes in adult populations.

The existing evidence supports that a healthy diet, as measured by the HEI, is a protective factor against early childhood caries (ECC) [Zaki et al., 2015; Nunn et al., 2009]. However, is scarce or absent in the literature, studies using a comprehensive approach to diet as a mediator in the relationship between social determinants and oral health outcomes in adults. Therefore, it is necessary and important studies methods be carried out using contemporary epidemiologic as structural models that include socioeconomic, dietary and oral health variables [Holst et al., 2001], since only structural equations can test multiple hypotheses using latent variables to decompose effects [Akinkugbe et al., 2016].

In this way, it is necessary to investigate the ways in which the socioeconomic status produce their effects, especially through the analysis of the contribution of different mediators can explain differences between exposures and outcomes. Our hypothesis is that a healthy diet and added sugar consumption are mediators of the relationship between socioeconomic conditions and dental caries and tooth loss in adults, based on data from the NHANES 2015-2016, to be tested through structural equation modeling analysis.

## **METHODS**

### **Design and context**

The study used cross-sectional data from the NHANES 2015-2016. The NHANES study aims to assess health and nutritional status of the United States population. In 1999, the study became continuous every two years, with data collection occurring every two years, focusing on changes in health and nutrition measures to identify the needs of the population of different municipalities in the United States, 15 of which are visited every year [NHANES, 1999]. The present study followed the STROBE guidelines.

### **Participants**

This study included data of adult participants aged 30 and 64 years old. Participants were eligible if able to respond: the sociodemographic questionnaire; the component of the dietary interview, both for the first and second day; and the questionnaire about the perception of oral health; and to undergo the component of body measurements; the oral health examination. Participants were excluded, in the case of the oral health examination, if had heart transplantation, a heart valve or congenital heart disease (not including mitral valve prolapse), or had a bacterial infection of the heart, such as bacterial endocarditis.

### **Sample**

A complex multi-probability sampling model was used to select a representative sample of the non-institutionalized civilian population of family groups from 30 municipalities in four areas of the United States selected and visited for two years [NHANES, 2013]. The sample selection stages were stage 1, all municipalities in the United States were divided into 15 groups based on their characteristics. One municipality was selected from each large group and, together, formed the 15 municipalities in the NHANES surveys for each year; stage 2, within each municipality, smaller groups (with a large number of families in each group) were formed and between 20 and 24 of these small groups the participants were selected; stage 3 all households or apartments within selected small groups were identified



and a sample of about 30 households were selected within each group; stage 4, NHANES interviewers went to each selected household and asked for information (age, race, and gender) about all household members; stage 4b a computer algorithm randomly selected some, all or none of the family members to compose the final study sample. For the present study, the sample comprised of 3,367 adults aged between 30 and 64 years.

### **Data sources**

The NHANES carried out face-to-face and telephone interviews, as well as physical examinations for data collection. Approximately 5,000 people per year participated in NHANES. The 5,000 people surveyed annually are representative of the entire US population [NHANES, 2013]. Demographic questionnaires of the family and sample were answered at home, including the diabetes section and the oral health questionnaire, administered by trained interviewers using the computer-assisted personal interview system (CAPI). Trained health technicians collect data on anthropometric measurements. All examiners for the oral health examination were dentists (D.D.S./D.M.D.) licensed in at least one US state. The examiner observations were registered into a computerized data collection system. The examinations were taking place in a designated room at the mobile examination center (MEC) that included a portable dental chair, light, and compressed air. All dental examiners received initial training. Dental caries was diagnosed as a comprehensive dental surface-by-dental surface evaluation for the presence of untreated caries and dental restorations. The tooth loss was diagnosed as permanent teeth extracted only as a result of caries. All details about the oral health examination methods can be accessed in NHANES Oral health Examiners Manual [Centers for Disease Control and Prevention, 2016a].

To evaluate the nutritional assessment component, a 24-hour food recall interview was conducted with participants using the U.S. Department of Agriculture Automated Multiple Pass Method (AMPM) Instrument. Trained dietetic interviewers conducted the interviews personally. The site of the interview was the Mobile Examination Center (MEC) and in each food interview room, MEC contained a standard set of measurement guides. These tools were used to help the respondent to report the volume and size of food consumed. They were not intended to represent any particular food but were designed to help respondents estimate portion sizes. This set of measurement guides was designed specifically for use in the NHANES. For a more accurate collection of the usual dietary intake of the US population, a second dietary interview for all participants who completed the recall personally was added to

the survey. The second food recall was collected by telephone from appointment 3 to 10 days later [Centers for Disease Control and Prevention, 2016b].

The Healthy Eating Index (HEI-2015) is a measure of the quality of the diet, evaluated according to the United States Dietary Guidelines [Patricia M.Guenther, Kellie O.Casavale, 2014]. In the present study, it was calculated for each individual based on recommendations from the National Cancer Institute (NCI), which provides guidelines and codes for SAS (Statistical Analysis System) using NHANES dietary assessment [US Service, 2017]. The HEI-2015 was obtained from an instrument with 13 components, with a total score that sums up to 100 [Reedy et al., 2018]. The index contains the following components, with maximum scores in parentheses: total fruit (5), whole fruit (5), total vegetables (5), greens and beans (5), whole grains (10), dairy (10), total protein foods (5), seafood and plant proteins (5), FAs (Fatty Acids) (10), refined grains (10), sodium (10), added sugars (10) and saturated fats (10). In the present study, we analyzed the HEI-2015 modified, considering 12 components (with a maximum score of 90). Added sugar was analyzed in separate, as gram/day. The HEI-2015 was calculated using a simple method that does not account for measurement error. The HEI scores obtained using this method should be interpreted with appropriate caveats noting the limitations of this method [US Service, 2017].

### **Variables**

The main outcome variables were oral health status, measured by untreated dental caries (absent or present) and tooth loss (number of tooth loss). The following exposure variables were included: sex (female or male), age, education level (from-1st grade education up to college education or more), annual family income (from \$0 to \$100,000 and over), family monthly poverty level index (PLI) ( $PLI \leq 1.30$ ,  $1.30 < PLI \leq 1.85$  and  $PLI > 1.85$ ), employed in last week (yes or no), added sugar consumption (g/day), Healthy Eating Index (HEI-2015, score between 1-90), body mass index [WHO, 2019] (kg/m<sup>2</sup>, from underweight to obesity), diabetes (Doctor told you have diabetes: yes or no), covered by health insurance (yes or no); last visit to the dentist (from never have been to 6 months or less), frequency of mouth pain in the last year (very often, quite frequently, occasionally, almost never or never), if had gingival disease (yes or no) and self-perceived health of your teeth and gums (excellent, very good, good, fair or poor).

In the Structural Equation Modeling (SEM), latent variables were SES, comprised by educational level (education), annual family income (in US dollars), family monthly poverty level (poverty status) and employed in last week (employ); and perceived oral health (OHP),

comprised by gingival disease (gum disease), perceived health of your teeth and gums (rate teeth and gums) and frequency of mouth pain in the last year (aching in mouth). All other variables were treated as observed variables.

#### Conceptual model

Previous to data analysis and based on a literature review [Dahlgren, and Whitehead, 2006; Fejerskov, 2004; Robertson et al., 2005; Holst et al., 2001; Patrick et al., 2006], a conceptual model was developed, which allows the representation of relations of explicit hypothesized associations between latent and observed variables and the complexity of their paths .

Therefore the model was based on five concepts to be tested: 1-Socioeconomic status (SES, latent variable) is related to Healthy Eating index (HEI), added sugar, untreated dental caries, tooth loss, diabetes, dental insurance, dental visits and oral health perception; 2- HEI is related to untreated dental caries and obesity; added sugar is related to untreated dental caries and diabetes; 3- Disease measures as obesity is related to diabetes and diabetes is related to oral health perception diabetes; 4-Oral health perception (latent variable) is related to SES, diabetes, untreated dental caries and tooth loss; 5-Dental services as health insurance is related to SES and dental visits, and dental visits is related to SES, untreated dental caries and tooth loss.

#### Analysis Plan

Descriptive analysis was presented with absolute and relative frequencies. Structural equation modeling analysis was performed in two steps. First, the measurement model, which contained only latent variables with no causal relations among them, was carried out. A concept involving potential collinear variables and composite scores was proposed specifically for this study in an exploratory way based on a set of variables.

Second, a structural model was proposed, based on previous evidence when available, using the latent and observed variables. The analysis was carried out using SEM in Mplus 7.1 [Byrne, 2012]. Anticipating a potential misfit, Modification Indices (MI) were implemented when theoretically plausible and  $MI > 20$ . In addition, non-significant coefficients were removed in a stepwise way for  $p > 0.10$ .

The structural model was assessed using conventional comparative (CFI: Comparative Fit Index and TLI: Tucker-Lewis index) and absolute (RMSEA: Root mean-square error of approximation and WRMR: Weighted Root Mean Square Residual) indices provided by the software. Considering the inclusion of continuous and categorical variables, WLSMV

(Weighted Least Squares Mean-variance) estimator was used and Standardized coefficients (SC) were provided as well as the total direct and indirect effect of the association between SES and untreated dental caries (via added sugar), SES and untreated dental caries (via HEI), SES and tooth loss (via added sugar) and SES and tooth loss (via HEI). The interpretation of standardized coefficients were made according to Kline [Kline, 2014], where SC 0.10 means a small effect, an SC 0.30 means a medium effect and a SC larger than 0.50 means a strong effect. SEM analysis was carried out using pairwise deletion; therefore, analytical sample size varied according to each pair of variables.

## RESULTS

Table 1 shows the results for the characteristics of the sample, with a mean of age 46.9 (SD=10.2) and composed for 1,761 (52.3%) women. Half of the participants were above the poverty level, 1,569 (50.7%) and 1,859 (55.2%) had college (or above) degree. About dietary factors, 45.87 (SD=12.6) was the mean of the HEI and 28.6 (SD=25.1) was the mean (grams/day) of added sugar consumed. Most participants, 2,670 (79.4) had health insurance and 1,268 (37.8%) answered that went to the dentist every 6 months.

Concerning health issues, 1,115 (33.1%) evaluated as “good” the health of their teeth and gums. The prevalence of untreated dental caries and mean of tooth loss was 848 (28.8%) and 3.72 (SD=5.2), respectively. The BMI measure showed that 1,398 (43.6%) were obese and 442 (13.4%) had diabetes (Table 1).

In the structural model (Table 2 and Figure 1), the fit indices indicated a good data representation for the complete sample (TLI= 0.924, CFI= 0.950, RMSE= 0.039, WRMR= 1,636). A higher SES showed a direct effect on untreated dental caries (SC=-0.19,  $p<0.001$ ) and indirect effects on untreated dental caries via a healthy diet, added sugar, dental visits, and health insurance (SC=-0.17,  $p<0.001$ ) and, the total effect of SES to untreated dental caries was (SC=-0.37,  $p<0.001$ ). A higher SES also showed a direct negative effect on tooth loss (SC=-0.24,  $p<0.001$ ) and diabetes (SC=-0.12,  $p<0.001$ ).

About dietary factors, a higher SES showed a direct positive effect on HEI (SC=0.16,  $p<0.001$ ), which was a protective effect against untreated dental caries (SC=-0.13,  $p<0.001$ ) and BMI (SC=-0.12,  $p<0.001$ ). On the other hand, a higher SES did not show an expressive effect on added sugar consumption (SC=-0.08,  $p<0.001$ ), however, added sugar showed a contributory effect on untreated dental caries (SC=0.14,  $p<0.001$ ) (Table 2 and Figure 1).

A strong effect occurred between a higher SES and health insurance (SC=0.53,  $p<0.001$ ), which had a moderate effect on frequency of dental visits (SC=0.34,  $p<0.001$ ), which was a protective factor against untreated dental caries (SC=-0.30,  $p<0.001$ ), but contributed to tooth loss (SC=0.12,  $p<0.001$ ) (Table 2 and Figure 1).

## DISCUSSION

In this study, a higher SES was an important factor in achieving a better healthy diet index, which in turn was a protective factor against untreated dental caries. On the other hand, added sugar was a contributory factor to the prevalence of untreated dental caries, but this was not related to SES. These findings are relevant and unpublished in the literature that showed the mechanisms by which diet behaves from the socioeconomic conditions to dental caries. This means that for this adult population, better SES was related to the consumption of a healthier diet, while this was weakly related to added sugar consumption.

The added sugar, evaluated in this study separately from the whole diet, is a known and fundamental factor in the development of dental caries [Peres et al., 2019; Moynihan et al., 2018; Hujoel, and Lingstrom, 2017]. However, the present study showed a not expressive effect between SES and added sugar, but an effect between added sugar and untreated dental caries. This may suggest that added sugar consumption is not a mediator related to socioeconomic differences and dental caries in the adult population, but that regardless of this relationship, both rich and poor are affected by added sugar and its contribution to the development of dental caries. This is also an unprecedented finding, considering that regardless of SES the adult population was affected by caries because of added sugar.

The Healthy Eating Index is an important and validated dietary assessment index and was a mediator between SES and untreated dental caries. This showed that inequalities in oral health can be explained by socioeconomic differences via the consumption of a healthy diet. In the current literature, there available studies that show the relation between HEI and dental caries but did not evaluate a diet as a mediator of socioeconomic inequalities and health outcomes. Example of this, is that there are studies, which showed results of a diet, measured by HEI, as a protective factor against tooth decay [Zaki et al., 2015; Nunn et al., 2009]. In addition, these studies were conducted with children and the findings of the present study are for the adult population. Another important result was related to the fact that HEI is also a protective factor for obesity and another study with an adult NHANES Mexican-American

adult population found that higher HEI values were a protective factor for central obesity [Yoshida et al., 2017].

Regarding health service variables, a higher SES had a strong effect on health insurance, which in turn contributed to the frequency of dental visits every six months and was a protective factor for untreated dental caries and a contributory factor to tooth loss. Other studies have reported the relationship between SES and access to health services [Manski et al., 2016; Manski et al., 2014]. However, this study, through SEM, showed the ways in which SES influences oral outcomes through the access and use of health services.

Considering that this is a cross-sectional study, the limitations of the study may be related to possible reverse causality between variables, even when the relationships between variables in the model were previously based on scientific literature. In addition, any dietary recall is likely to be biased towards the amounts consumed, and the study only considered the amount of sugar intake and have not collected data about the frequency of sugar consumption. This is in part a limitation considering that it is better to have both measures, but also the strength to evaluate the population diet measures where the quantitative measures allow monitoring how are related to the impact of health promotion in the diet of the population [Moynihan, 2016]. Moreover, considering all the components evaluated, the HEI is a valuable and widely used instrument to evaluate the diet quality of the United States population, also, the study used the added sugar measured by g/day as a standardized method which can be helpful in order to assist surveillance in populations and be comparable with other studies [Moynihan, and Kelly, 2014]

The present findings support the theory of material explanation for health inequalities, through the results that a healthy diet mediates socioeconomic inequalities and untreated dental caries. On the other hand, added sugar consumption was a contributing factor to the development of caries, but it was not related to SES. This means, that the most disadvantaged populations are doubly affected by dietary factors, one for not being able to consume a healthier diet and the other for consuming at the same time, foods with added sugar. In addition, this evidence highlights the importance of considering the diet as whole related to oral health, instead of the theory of cariogenic diet.

## **Acknowledgments**

NHANES is funded by the National Center for Health Statistics (NCHS) which is part of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC).

CS hold a fellowship from Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES); FNH hold a PQ-2 fellowship from National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

## REFERENCES

- Akinkugbe AA, Sharma S, Ohrbach R, Slade GD, Poole C: Directed Acyclic Graphs for Oral Disease Research. *J Dent Res* 2016;95:853–859.
- Bernabe E, Vehkalahti MM, Sheiham A, Lundqvist A, Suominen AL: The Shape of the Dose-Response Relationship between Sugars and Caries in Adults. *J Dent Res* 2016;95:167–172.
- Bhandari B, Newton JT, Bernabé E: Social inequalities in adult oral health in 40 low- and middle-income countries. *Int Dent J* 2016;66:295–303.
- Bof de Andrade F, Drumond Andrade FC, Noronha K: Measuring socioeconomic inequalities in the use of dental care services among older adults in Brazil. *Community Dent Oral Epidemiol* 2017;45:559–566.
- Byrne BM: *Structural Equation Modelig with Mplus: basic concepts, applications, and programming*, Routledge, 2012.
- Centers for Disease Control and Prevention: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) Oral Health Examiners Manual [Internet] 2016a [cited 2019 Feb 12]; Available from: [https://wwwn.cdc.gov/nchs/data/nhanes/2015-2016/manuals/2016\\_Oral\\_Health\\_Examiners\\_Procedures\\_Manual.pdf](https://wwwn.cdc.gov/nchs/data/nhanes/2015-2016/manuals/2016_Oral_Health_Examiners_Procedures_Manual.pdf)
- Centers for Disease Control and Prevention: NHANES MEC In-Person Dietary Interviewers Procedures Manual [Internet] 2016b [cited 2020 Jan 31];331.
- Dahlgren G, Whitehead M: European strategies for tackling social inequities in health: Levelling up Part 2. Copenhagen World Heal Organ 2006;
- Fang Zhang F, Liu J, Rehm CD, Wilde P, Mande JR, Mozaffarian D: Trends and Disparities in Diet Quality Among US Adults by Supplemental Nutrition Assistance Program Participation Status. *JAMA Netw open* 2018;1:e180237–e180237.
- FDI: *The Challenge of Oral Disease – A call for global action*, ed 2nd. Geneva, FDI World Dental Federation, 2015.
- Fejerskov O: Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries Res* 2004;38:182–191.
- Gomaa N, Glogauer M, Tenenbaum H, Siddiqi A, Quinonez C: Social-Biological Interactions in Oral Disease: A “Cells to Society” View. *PLoS One* 2016;11:e0146218.
- Hiza HAB, Casavale KO, Guenther PM, Davis CA: Diet quality of Americans differs by age, sex, race/ethnicity, income, and education level. *J Acad Nutr Diet* 2013;113:297–306.
- Holst D, Schuller AA, Aleksejuniene J, Eriksen HM: Caries in populations--a theoretical, causal approach. *Eur J Oral Sci* 2001;109:143–148.
- Huang DL, Park M: Socioeconomic and racial/ethnic oral health disparities among US older adults: Oral health quality of life and dentition. *J Public Health Dent* 2015;75:85–92.



- Hujoel PP, Lingstrom P: Nutrition, dental caries and periodontal disease: a narrative review. *J Clin Periodontol* 2017;44 Suppl 1:S79–S84.
- Kline P: *An easy guide to factor analysis*, London, Routledge, 2014.
- Manski RJ, Hyde JS, Chen H, Moeller JF: Differences Among Older Adults in the Types of Dental Services Used in the United States. *Inquiry* 2016;53. DOI: 10.1177/0046958016652523
- Manski RJ, Macek MD, Brown E, Carper K V, Cohen LA, Vargas C: Dental service mix among working-age adults in the United States, 1999 and 2009. *J Public Health Dent* 2014;74:102–109.
- McMahon AD, Elliott L, Macpherson LM, Sharpe KH, Connelly G, Milligan I, et al.: Inequalities in the dental health needs and access to dental services among looked after children in Scotland: a population data linkage study. *Arch Dis Child* 2018;103:39–43.
- Mejia GC, Elani HW, Harper S, Murray Thomson W, Ju X, Kawachi I, et al.: Socioeconomic status, oral health and dental disease in Australia, Canada, New Zealand and the United States. *BMC Oral Health* 2018;18:176.
- Mendy VL, Vargas R, Payton M, Cannon-Smith G: Association Between Consumption of Sugar-Sweetened Beverages and Sociodemographic Characteristics Among Mississippi Adults. *Prev Chronic Dis* 2017;14:E137–E137.
- Moynihan P: Sugars and Dental Caries: Evidence for Setting a Recommended Threshold for Intake. *Adv Nutr* 2016;7:149–156.
- Moynihan P, Makino Y, Petersen PE, Ogawa H: Implications of WHO Guideline on Sugars for dental health professionals. *Community Dent Oral Epidemiol* 2018;46:1–7.
- Moynihan PJ, Kelly SAM: Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res* 2014;93:8–18.
- NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey Overview 1999;6.
- NHANES: National health and nutrition examination survey: Plan and operations, 1999-2010. *NHANES* 2013;1–37.
- Nunn ME, Braunstein NS, Krall Kaye EA, Dietrich T, Garcia RI, Henshaw MM: Healthy eating index is a predictor of early childhood caries. *J Dent Res* 2009;88:361–366.
- Patricia M.Guenther, Kellie O.Casavale S I. K: Update of Healthy Eating Index : HEI-2010. *J Acad Nur Diet* 2014;113:1–20.
- Patrick DL, Lee R, Nucci M, Grembowski D, Jolles C, Milgrom P: Reducing Oral Health Disparities: A Focus on Social and Cultural Determinants. *BMC Oral Health* 2006;6:S4.
- Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al.: Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet (London, England)* 2019;394:249–260.
- Qiu RM, Lo ECM, Zhi QH, Zhou Y, Tao Y, Lin HC: Factors related to children's caries: a

- structural equation modeling approach. *BMC Public Health* 2014;14:1071.
- Reedy J, Lerman JL, Krebs-Smith SM, Kirkpatrick SI, Pannucci TE, Wilson MM, et al.: Evaluation of the Healthy Eating Index-2015. *J Acad Nutr Diet* 2018;118:1622–1633.
- Robertson A, Brunner E, Sheiham A: Food is a political issue; in : *Social Determinants of Health*. Oxford, 2005.
- Schwendicke F, Dörfer CE, Schlattmann P, Page LF, Thomson WM, Paris S: Socioeconomic Inequality and Caries. *J Dent Res* 2015;94:10–18.
- US Service: National Cancer Institute [Internet]. SAS Code 2017 [cited 2019 Jan 3]; Available from: <https://epi.grants.cancer.gov/hei/sas-code.html>
- WHO: Body mass index - BMI [Internet]. World Heal Organ 2019; Available from: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>
- Yoshida Y, Scribner R, Chen L, Broyles S, Phillippi S, Tseng T-S: Diet quality and its relationship with central obesity among Mexican Americans: findings from National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2012. *Public Health Nutr* 2017;20:1193–1202.
- Zaki NAA, Dowidar KML, Abdelaziz WEE: Assessment of the Healthy Eating Index-2005 as a predictor of early childhood caries. *Int J Paediatr Dent* 2015;25:436–443.

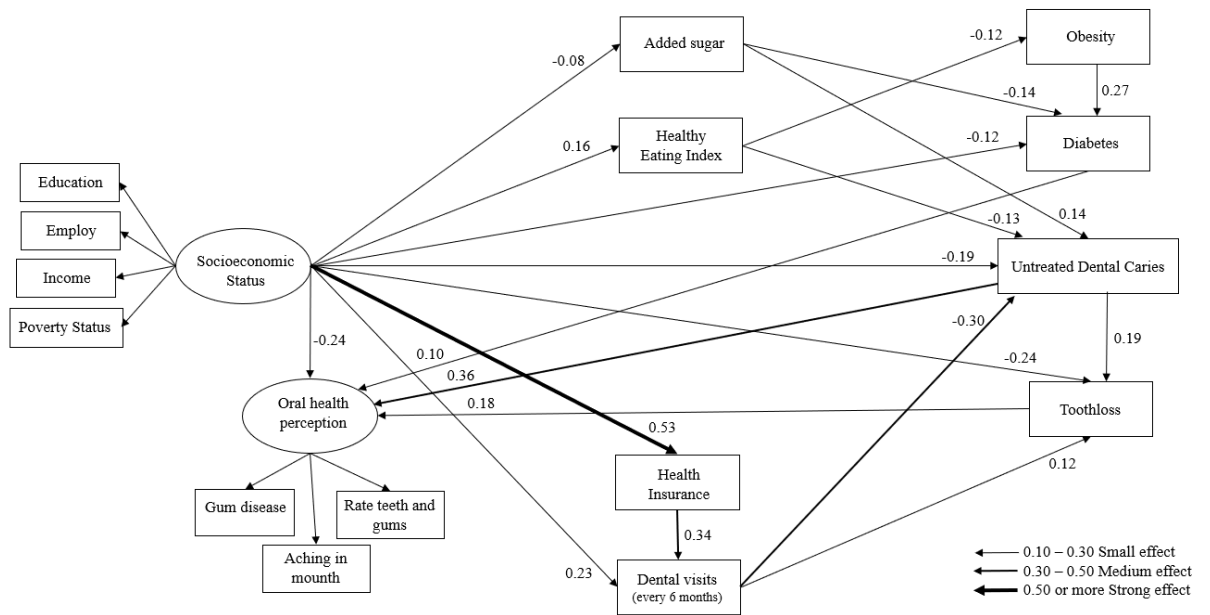


Figure 1. Model (30-64 years) of diagram effects NHANES (2015-2016), not including sex and age associations and, effects less than 0.10.

Table 1. Characteristics of the sample NHANES 2015-2016.

Variable	n(%)
<b>Sociodemographics</b>	
<b>Sex</b> (n=3,367)	
Male	1,606 (47.7)
Female	1,761 (52.3)
<b>Age (in years)</b> (n=3,367)	46.9 (SD=10.2)*
<b>Socioeconomic status</b>	
<b>Education level</b> (n=3,367)	
1st to 11th year	796 (23.6)
High School/GED or equivalent	712 (21.2)
College or more	1,859 (55.2)
<b>Annual family income</b> (n=3,132)	
Low (\$0 - \$19,999)	632 (20.2)
Middle (\$20,000 - \$64,999)	1,380 (44.1)
High (\$65,000 - \$100,000 and Over)	1,120 (35.8)
<b>Family monthly poverty level index</b> (n=3,097)	
<= 1.30	1,104 (35.6)
More than 1.30 until <= 1.85	424 (13.7)
> 1.85	1,569 (50.7)
<b>Employed in last week</b> (n=3,628)	
No	1,023 (30.4)
Yes	2,340 (69.6)
<b>Dietary factors</b>	
<b>Total Healthy Eating Index (HEI – 0-90)</b> (n=2,973)	
Low tercile (0-39.8)	991 (33.4)
Middle tercile (39.9-50.9)	991 (33.3)
High tercile (51.0-81.6)	991 (33.3)
<b>Added sugar consumption</b> (grams/day) (n=2,973)	
Low tercile (0-14.5)	992 (33.4)
Middle tercile (14.5-32.2)	990 (33.3)
High tercile (32.2-276.4)	991 (33.3)
<b>Oral health services</b>	
<b>Covered by health insurance</b> (n=3,363)	
No	693 (20.6)
Yes	2,670 (79.4)
<b>Last visit to the dentist</b> (n=3,357)	
Never have been	87 (2.6)
More than 5 years ago	514 (15.3)
More than 3 years, but not more than 5 years ago	271 (8.1)
More than 2 years, but not more than 3 years ago	276 (8.2)
More than 1 year, but not more than 2 years ago	389 (11.6)

More than 6 months, but not more than 1 year ago	552 (16.4)
6 months or less	1,268 (37.8)
<b>Oral health perception</b>	
<b>Frequency of mouth pain in the last year (n=3,362)</b>	
Never	1,530 (45.5)
Almost never	935 (27.8)
Occasionally	585 (17.4)
Quite frequently	170 (5.1)
Very often	142 (4.2)
<b>If had gingival disease (n=3,299)</b>	
No	2,592 (78.6)
Yes	707 (21.4)
<b>Rate the health of your teeth and gums (n=3,365)</b>	
Excellent	321 (9.5)
Very good	635 (18.9)
Good	1,115 (33.1)
Fair	887 (26.7)
Poor	407 (12.1)
<b>Disease outcomes</b>	
<b>Untreated dental caries (n=2,947)</b>	
Absent	2,099 (71.2)
Present	848 (28.8)
<b>Tooth loss (n=2,948)</b>	
0 tooth loss	3.72 (SD=5.2)*
1 – 9 tooth loss	980 (33.24)
10 - 18 tooth loss	1,648 (55.9)
19 - 28 tooth loss	209 (7.1)
19 - 28 tooth loss	111 (3.8)
<b>Body mass index (kg/m<sup>2</sup>) (n=3,204)</b>	
Underweight (Below 18.5)	30.2 (SD=7.3)*
Normal weight (18.5-24.9)	28 (0.9)
Pre-obesity (25.0-29.9)	780 (24.3)
Obesity class I (30.0-34.9)	998 (31.1)
Obesity class II (35.0-39.9)	714 (22.3)
Obesity class III (Above 40)	372 (11.6)
Obesity class III (Above 40)	312 (9.7)
<b>Doctor told you have diabetes (n=3,293)</b>	
No	2,851 (86.6)
Yes	442 (13.4)

---

\*Mean and Standard deviation;

Table 2. Results of the effect diagram, NHNAES, United States, 2015-2016.

Effects	Estimates (SC)	p-value
<b>SES</b>		
Age	-0.076	0.000
<b>HEI</b>		
SES	0.168	0.000
Age	0.081	0.000
Male	-0.132	0.000
Added sugar	-0.089	0.000
<b>Added Sugar</b>		
Male	0.145	0.000
SES	-0.082	0.000
<b>Health Insurance</b>		
Male	-0.114	0.000
Age	0.228	0.000
SES	0.533	0.000
<b>Dental visits</b>		
SES	0.232	0.000
Health Insurance	0.342	0.000
<b>Oral health perception</b>		
SES	-0.248	0.000
Untreated dental caries	0.366	0.000
Tooth loss	0.185	0.000
Diabetes	0.100	0.000
<b>Untreated dental caries</b>		
SES	-0.196	0.000
HEI	-0.130	0.000
Added sugar	0.141	0.000
Dental visits	-0.307	0.000
Health Insurance	-0.026	0.569
<b>Tooth loss</b>		
SES	-0.248	0.000
Age	0.314	0.000
Health insurance	0.137	0.000
Dental visits	-0.063	0.034
Untreated dental caries	0.193	0.000
HEI	-0.039	0.031
<b>Obesity</b>		
Male	-0.103	0.000
SES	-0.063	0.003
HEI	-0.125	0.000
Added sugar	0.046	0.010
<b>Diabetes</b>		
Age	0.351	0.000
SES	-0.126	0.000
HEI	-0.080	0.008
Added sugar	-0.142	0.000
BMI	0.277	0.000
<b>Mediation analysis of SES to UNTREATED DENTAL CARIES</b>		
Total effect	-0.371	0.000

<b>Total indirect</b>	-0.175	0.000
<b>via Added sugar</b>	-0.013	0.000
<b>via HEI</b>	-0.023	0.000
<b>Mediation analysis of SES to Tooth loss</b>		
<b>Total Effect</b>	-0.280	0.000
<b>Total indirect</b>	-0.031	0.139
<b>via Added sugar</b>	-0.003	0.001
<b>via HEI</b>	-0.011	0.001
<b>Tests of model fit</b>		
<b>RMSEA</b>		0.039
<b>CFI</b>		0.950
<b>TLI</b>		0.924
<b>WRMR</b>		1.636

SC (Standardized Coefficients); SES (Socioeconomic Status); HEI (Healthy Eating Index); RMSEA (Root mean-square error of approximation); CFI (Comparative Fit Index); TLI (Tucker-Lewis index); WRMR (Weighted Root Mean Square Residual).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em populações adultas dos Estados Unidos, os determinantes sociais como, maior renda, maior nível educacional, estar empregado e acima do nível de pobreza, foram associados com ter uma dieta mais saudável que por sua vez foi um mecanismo de proteção sobre a prevalência de cárie dentária não tratada. Isso significa que indivíduos com mais recursos conseguem escolher e adquirir alimentos mais saudáveis, o que os beneficia com efeito sobre a saúde bucal. Por outro lado, o consumo de açúcar adicionado não foi um mediador entre status socioeconômico e desfechos de saúde bucal. Dessa forma, os achados do estudo confirmam em parte a hipótese, sendo a dieta saudável mediadora da associação de status socioeconômico e cárie dentária e o açúcar adicionado um contribuidor para a prevalência de cárie dentária não tratada, mas não estando relacionado as diferenças no status socioeconômico na população adulta. Isso quer dizer que o consumo de açúcar afeta a todos indivíduos e sugerem que o efeito das condições socioeconômicas sobre a cárie é explicado por outro mecanismo que é a dieta como um todo.

A importância de uma boa dieta para promover a saúde é amplamente reconhecida. O Healthy Eating Index é um importante e validado índice de avaliação da qualidade alimentar, que inclui muitos componentes da dieta. O achado sobre a dieta saudável como mediadora entre status socioeconômico e cárie dentária não tratada é um resultado sem precedentes, que mostrou que as desigualdades na saúde bucal podem ser explicadas pelas desigualdades socioeconômicas por meio do consumo de uma de melhor qualidade, o que contribui para uma melhor compreensão do desenvolvimento da cárie dentária na população.

Além disso, a associação entre status socioeconômico e cárie e perda dentária foi mediada pelo uso dos serviços de saúde, mensurado pela posse de seguro saúde e visitas ao dentista a cada seis meses, o que representou um mecanismo adicional pelo qual a condição socioeconômica exerceu seus efeitos sobre a saúde bucal. Para cárie dentária representou um fator de proteção, mas para perda dentária um contribuidor. Assim, os fatores socioeconômicos agem sobre o uso dos serviços, que por um lado contribuem positivamente com menos cárie e por outro lado negativamente com mais perda dentária.



Percepção e necessidades de saúde bucal, medidas pela avaliação dos dentes e gengivas, dor na boca, aparência dos dentes, necessidade de fazer restaurações e tratamento gengival, foram colisores entre status socioeconômico, cárie, perda dentária, diabetes e consultas odontológicas, sugerindo que menor condição socioeconômica, menos dentes e mais cárie, estava associado a maiores necessidades de assistência à saúde bucal. Além disso, isso significa que a percepção e necessidades de cuidados de saúde bucal foram um efeito comum dessas variáveis o que permite uma compreensão mais completa do efeito entre elas e as desigualdades em saúde.

As desigualdades persistem na saúde bucal da população adulta e são corroboradas pela literatura e achados deste estudo. Até onde sabemos, este é um dos poucos estudos que confirmam que a dieta é mediadora da relação entre SES e cárie dentária em adultos, o que aponta para a confirmação da abordagem dos fatores risco comum e para a importância de estratégias integradas, que não sejam focadas exclusivamente no consumo de açúcar, como historicamente é feito em odontologia, mas sim na dieta como um todo.

Essa evidência apoia abordagens universais de assistência à saúde que integram programas de saúde bucal e relacionados à dieta, como uma estratégia para reduzir as disparidades na saúde. Faz-se necessário intervenções que considerem a dieta como um todo e que integrem saúde geral e bucal a partir de mudanças de políticas promotoras de saúde que fortifiquem a importância do papel da dieta saudável como um meio de melhorar a saúde da população. Além disso, considerando o açúcar ser a principal causa do desenvolvimento da cárie, é necessário e urgente avançar a compreensão dos determinantes comerciais sobre a saúde, como o poder e a influência da política e economia, intervenções em normas sociais e políticas locais, lobby para influenciar políticas, poder da mídia em distrair a atenção e causar confusão nos consumidores, e principalmente no que se refere à influência nas escolhas e comportamentos da população.

## 8 ASPECTOS ÉTICOS

### 8.1 HANDLS

As questões éticas para a realização do Healthy Aging in Neighborhoods of Disparities across the Life Span (HANDLS) foram contempladas na fase 1 (Triagem, recrutamento e entrevista no domicílio) e na fase 2 (Exame médico em veículos de pesquisa) do estudo. Dessa forma, na fase 1, foram disponibilizados aos participantes folhetos que descreviam o protocolo do estudo, além de terem sido lidos pelos entrevistadores, assegurando aos participantes o entendimento, riscos, benefícios e o compromisso para a avaliação da linha de base. Para a fase 2, previamente aos exames, foi apresentado um vídeo de consentimento e revisado o protocolo, assegurando que os participantes lembrassem o que iria acontecer durante o exame e que os mesmos se comprometessem a completar o exame. O estudo foi aprovado pelo MedStar Research Institute em 16 de novembro de 2004.

### 8.2 NHANES

Considerando somente a utilização de dados secundários, sem identificadores dos participantes, as questões éticas já foram contempladas na coleta dos dados. O protocolo NHANES foi desenvolvido e revisado para estar em conformidade com a Política do Health & Human Services (HHS) para Proteção de Assuntos de Pesquisa Humana (45 CFR parte 46), disponível em <http://www.hhs.gov/ohrp/humansubjects/guidance/45cfr46.html>. Foi aprovado pelo National Center for Health Statistics (NCHS) Research Ethics Review Board (ERB) e foi submetido a revisão anual. Três leis federais protegem todos os dados: Lei de Privacidade de 1974 (5 USC 552a); Seção 308 (d) da Lei de Serviço de Saúde Pública (42 USC 242m); Lei de Proteção de Informações e Eficiência Estatística (CIPSEA) (PL107-347). O NCHS Research ERB protege os direitos e o bem-estar das pessoas inscritas no NHANES. De acordo com os regulamentos federais (45 CFR 46.111), a ERB analisou e aprovou os protocolos do NHANES, incluindo mudanças contínuas no protocolo através do processo de alteração. Este processo assegurou o tratamento ético dos participantes, incluindo as populações vulneráveis

(por exemplo, crianças, mulheres grávidas e idosos). Os participantes da amostra foram informados pelos entrevistadores e materiais escritos como folhetos e cartilhas, do processo de pesquisa e seus direitos como participante. Após o entendimento do processo completo do NHANES, ele ou ela teve a oportunidade de consentir ou concordar em participar. O documento do consentimento assinado foi obtido de amostras de pessoas que atingiram a idade de maturidade em seu estado (geralmente com idade igual ou superior a 18 anos). Considerando que o estudo teve duas fases, a de entrevista domiciliar e a de exame de saúde, em cada fase o consentimento informado assinado foi obtido. Além disso, intérpretes foram contratados conforme a necessidade de ajudar pessoas que não liam ou falavam inglês ou espanhol.

## **9 FINANCIAMENTO**

O proponente do estudo é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Tratando-se de dados secundários, para cada estudo existe uma fonte de financiamento:

### **HANDLS**

O Estudo HANDLS é financiado pelo Programa de Pesquisa Intramural do Instituto Nacional de Envelhecimento dos Estados Unidos, pelo National Institute on Aging (NIA), National Institutes of Health (NIH) e pelo Intramural Research Program (IRP).

### **NHANES**

O NHANES é financiado e conduzido pelo National Center for Health Statistics (NCHS) que é a agência principal do Federal Statistical System (FSS) dos Estados Unidos que fornece informações estatísticas para orientar ações e políticas para melhorar a saúde da população estadunidense. O National Center for Health Statistics (NCHS) localiza-se no Centers for Disease Control and Prevention (CDC) que faz parte do Department of Health and Human Services (HHS) dos Estados Unidos. O CDC está sediado na University Town Center, em Hyattsville, Maryland.

## REFERÊNCIAS

- AKINKUGBE, A. A. et al. Directed Acyclic Graphs for Oral Disease Research. **Journal of dental research**, United States, v. 95, n. 8, p. 853–859, 2016.
- ALEKSEJULNIENE, Jolanta et al. Dental health patterns in young adults in Lithuania: an exploratory, analytical approach. **Acta odontologica Scandinavica**, [s. l.], v. 60, n. 4, p. 223–230, 2002.
- ALEKSEJUNIENE, Jolanta; HOLST, Dorthe; BRUKIENE, Vilma. Dental caries risk studies revisited: causal approaches needed for future inquiries. **International journal of environmental research and public health**, Switzerland, v. 6, n. 12, p. 2992–3009, 2009.
- BERNABE, E. et al. The Shape of the Dose-Response Relationship between Sugars and Caries in Adults. **Journal of dental research**, United States, v. 95, n. 2, p. 167–172, 2016.
- BHANDARI, Bishal; NEWTON, Jonathon T.; BERNABÉ, Eduardo. Social inequalities in adult oral health in 40 low- and middle-income countries. **International Dental Journal**, [s. l.], v. 66, n. 5, p. 295–303, 2016.
- BOF DE ANDRADE, Fabiola; DRUMOND ANDRADE, Flavia Cristina; NORONHA, Kenya. Measuring socioeconomic inequalities in the use of dental care services among older adults in Brazil. **Community dentistry and oral epidemiology**, Denmark, v. 45, n. 6, p. 559–566, 2017.
- BRASIL. **Dez passos para o sucesso do aleitamento materno**. 2017. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/noticias/823-assuntos/saude-para-voce/40762-dez-passos-para-o-sucesso-do-aleitamento-materno>>.
- BYRNE, B. M. **Structural Equation Modelig with Mplus: basic concepts, applications, and programming**. [s.l.] : Routledge, 2012.
- CELESTE, Roger Keller et al. The role of potential mediators in racial inequalities in tooth loss: The Prõ-Saúde study. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, [s. l.], v. 41, n. 6, p. 509–516, 2013.
- CHI, Donald L. et al. Socioeconomic status, food security, and dental caries in us children: Mediation analyses of data from the national health and nutrition examination survey, 2007-2008. **American Journal of Public Health**, [s. l.], v. 104, n. 5, p. 860–864, 2014.
- COMMITTEE ON MEDICAL ASPECTS OF FOOD AND NUTRITION POLICY (COMA). **Dietary Sugars and Human Disease**. London. Disponível em: <[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/743792/Dietary\\_Sugars\\_and\\_Human\\_Disease\\_\\_1989\\_.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/743792/Dietary_Sugars_and_Human_Disease__1989_.pdf)>.
- CURY, J. A. et al. Biochemical composition and cariogenicity of dental plaque formed in the presence of sucrose or glucose and fructose. **Caries research**, Switzerland, v. 34, n. 6, p. 491–497, 2000.
- DAHLGREN, Göran; WHITEHEAD, Margaret. Policies and strategies to promote social equity in health. **Stockholm: Institute for future studies**, [s. l.], 1991.

DAHLGREN, Göran; WHITEHEAD, Margaret. European strategies for tackling social inequities in health: Levelling up Part 2. **Copenhagen: World Health Organization**, [s. l.], 2006.

EVANS, Michele K. et al. Healthy aging in neighborhoods of diversity across the life span (HANDLS): overcoming barriers to implementing a longitudinal, epidemiologic, urban study of health, race, and socioeconomic status. **Ethnicity & disease**, United States, v. 20, n. 3, p. 267–275, 2010.

FEJERSKOV, O. Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. **Caries research**, Switzerland, v. 38, n. 3, p. 182–191, 2004.

FELDENS, Carlos Alberto et al. Long-term effectiveness of a nutritional program in reducing early childhood caries: a randomized trial. **Community dentistry and oral epidemiology**, Denmark, v. 38, n. 4, p. 324–332, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20406273>>

GAO, X. L. et al. Behavioral pathways explaining oral health disparity in children. **Journal of dental research**, United States, v. 89, n. 9, p. 985–990, 2010.

GIACAMAN, R. A. Sugars and beyond. The role of sugars and the other nutrients and their potential impact on caries. **Oral diseases**, Denmark, v. 24, n. 7, p. 1185–1197, 2018.

GLYMOUR, Maria M.; GREENLAND, Sander. Causal diagrams. In: 3 (Ed.). **Modern Epidemiology**. [s.l.] : Lippincott-Raven, 2012.

GRAY, A. M. Inequalities in health. The Black Report: a summary and comment. **International journal of health services : planning, administration, evaluation**, United States, v. 12, n. 3, p. 349–380, 1982.

GUENTHER, Patricia M. et al. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, United States, v. 113, n. 4, p. 569–580, 2013.

GUENTHER, Patricia M. et al. The Healthy Eating Index-2010 is a valid and reliable measure of diet quality according to the 2010 Dietary Guidelines for Americans. **The Journal of nutrition**, United States, v. 144, n. 3, p. 399–407, 2014.

HOBDELL, Martin et al. Global goals for oral health 2020. **International dental journal**, England, v. 53, n. 5, p. 285–288, 2003.

HOLST, D. et al. Caries in populations--a theoretical, causal approach. **European journal of oral sciences**, England, v. 109, n. 3, p. 143–148, 2001.

INAN-EROGLU, Elif et al. Is diet quality associated with early childhood caries in preschool children? A descriptive study. **The Turkish journal of pediatrics**, Turkey, v. 59, n. 5, p. 537–547, 2017.

JEVDJEVIC, M. et al. The caries-related cost and effects of a tax on sugar-sweetened beverages. **Public health**, Netherlands, v. 169, p. 125–132, 2019.

KASSEBAUM, N. J. et al. Global, Regional, and National Prevalence, Incidence, and Disability-Adjusted Life Years for Oral Conditions for 195 Countries, 1990-2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. **Journal of dental research**, United States, v. 96, n. 4, p. 380–387, 2017.

- KAWACHI, I.; SUBRAMANIAN, S. V; ALMEIDA-FILHO, N. A glossary for health inequalities. **Journal of epidemiology and community health**, England, v. 56, n. 9, p. 647–652, 2002.
- KHAN, Tauseef A.; SIEVENPIPER, John L. Controversies about sugars: results from systematic reviews and meta-analyses on obesity, cardiometabolic disease and diabetes. **European journal of nutrition**, Germany, v. 55, n. Suppl 2, p. 25–43, 2016.
- LEVY, S. M. et al. Fluoride, beverages and dental caries in the primary dentition. **Caries research**, Switzerland, v. 37, n. 3, p. 157–165, 2003.
- LULA, Estevam C. O. et al. Added Sugars and Periodontal Disease in Young Adults: An Analysis of NHANES III Data. **American journal of clinical nutrition**, [s. l.], n. 4, p. 1182–1187, 2014. Disponível em: <<http://ajcn.nutrition.org/content/100/4/1182.short>>
- MARMOT, M.; BELL, R. Social determinants and dental health. **Advances in dental research**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 201–206, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21490231>>
- MARMOT, M.; BELL, R. Fair society, healthy lives. **Public health**, Netherlands, v. 126 Suppl, p. S4–S10, 2012.
- MARSHALL, Teresa A. et al. Dental caries and beverage consumption in young children. **Pediatrics**, United States, v. 112, n. 3 Pt 1, p. e184-91, 2003.
- MCMAHON, Alex D. et al. Inequalities in the dental health needs and access to dental services among looked after children in Scotland: a population data linkage study. **Archives of disease in childhood**, England, v. 103, n. 1, p. 39–43, 2018.
- MESH. **Diet; Nutritional Status; Nutritional Sciences**. 1987. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>>.
- MONTEIRO, Carlos Augusto et al. Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. **FAO: Rome**, [s. l.], 2019.
- MOYNIHAN, P. J.; KELLY, S. A. M. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. **Journal of dental research**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 8–18, 2014.
- MOYNIHAN, Paula. Sugars and Dental Caries: Evidence for Setting a Recommended Threshold for Intake. **Advances in nutrition (Bethesda, Md.)**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 149–156, 2016.
- MOYNIHAN, Paula et al. Implications of WHO Guideline on Sugars for dental health professionals. **Community dentistry and oral epidemiology**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 1–7, 2018.
- NHANES. **National Health and Nutrition Examination Survey Overview** Centers for Disease Control and Prevention, , 1999.
- NUNN, M. E. et al. Healthy eating index is a predictor of early childhood caries. **Journal of dental research**, United States, v. 88, n. 4, p. 361–366, 2009.
- OSCARSON, Nils; ESPELID, Ivar; JONSSON, Birgitta. Is caries equally distributed in

adults? A population-based cross-sectional study in Norway - the TOHNN-study. **Acta odontologica Scandinavica**, England, v. 75, n. 8, p. 557–563, 2017.

PAES LEME, A. F. et al. The role of sucrose in cariogenic dental biofilm formation-- new insight. **Journal of dental research**, United States, v. 85, n. 10, p. 878–887, 2006.

PATRICK, Donald L. et al. Reducing Oral Health Disparities: A Focus on Social and Cultural Determinants. **BMC Oral Health**, [s. l.], v. 6, n. Suppl 1, p. S4, 2006.

PERERA, Irosha; EKANAYAKE, Lilani. Relationship between dietary patterns and dental caries in Sri Lankan adolescents. **Oral health & preventive dentistry**, Germany, v. 8, n. 2, p. 165–172, 2010.

PETERSEN, P. E. Social inequalities in dental health. Towards a theoretical explanation. **Community dentistry and oral epidemiology**, Denmark, v. 18, n. 3, p. 153–158, 1990.

QIU, Rong Min et al. Factors related to children's caries: a structural equation modeling approach. **BMC public health**, England, v. 14, p. 1071, 2014.

REEDY, Jill et al. Evaluation of the Healthy Eating Index-2015. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, United States, v. 118, n. 9, p. 1622–1633, 2018.

ROBERTSON, Aileen; BRUNNER, Eric; SHEIHAM, Aubrey. Food is a political issue. In: **Social Determinants of Health**. [s.l.] : Oxford, 2005.

SCHULZE, Matthias B. et al. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. **JAMA**, United States, v. 292, n. 8, p. 927–934, 2004.

SCHWENDICKE, F. et al. Socioeconomic inequality and caries: a systematic review and meta-analysis. **Journal of dental research**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 10–18, 2015.

SCHWENDICKE, F. et al. Effects of Taxing Sugar-Sweetened Beverages on Caries and Treatment Costs. **Journal of dental research**, United States, v. 95, n. 12, p. 1327–1332, 2016.

SHEIHAM, A. Dietary effects on dental diseases. **Public health nutrition**, England, v. 4, n. 2B, p. 569–591, 2001. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11683551>>

SISSON, Kelly Lorraine. Theoretical explanations for social inequalities in oral health. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 81–88, 2007.

STEELE, J. et al. The Interplay between socioeconomic inequalities and clinical oral health. **Journal of dental research**, United States, v. 94, n. 1, p. 19–26, 2015.

TATLOW-GOLDEN, Mimi et al. **Tackling food marketing to children in a digital world: trans-disciplinary perspectives**. [s.l.] : World Health Organization, 2016.

TE MORENGA, Lisa; MALLARD, Simonette; MANN, Jim. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. **BMJ (Clinical research ed.)**, England, v. 346, p. e7492, 2012.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **HEI-2010 Total and Component Scores**



**for Children, Adults, and Older Adults During 2007-2008.** 2016. Disponível em: <<https://fns-prod.azureedge.net/sites/default/files/HEI-2010-During-2007-2008-Oct21-2016.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Healthy Eating Index (HEI).** 2020. Disponível em: <<https://www.fns.usda.gov/resource/healthy-eating-index-hei>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE. Oral health in America: a report of the Surgeon General. **Journal of the California Dental Association**, United States, v. 28, n. 9, p. 685–695, 2000.

VANDERWEELE, Tyler J. Invited commentary: structural equation models and epidemiologic analysis. **American journal of epidemiology**, United States, v. 176, n. 7, p. 608–612, 2012.

VITOLO, Marcia Regina et al. Maternal dietary counseling in the first year of life is associated with a higher healthy eating index in childhood. **The Journal of nutrition**, United States, v. 140, n. 11, p. 2002–2007, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20844187>>

WALL, Thomas P.; BROWN, L. Jackson. Dental visits among Hispanics in the United States, 1999. **Journal of the American Dental Association (1939)**, England, v. 135, n. 7, p. 1011–1018, 2004.

WHITEHEAD, Margaret; DAHLGREN, Göran. Concepts and principles for tackling social inequities in health: Levelling up Part 1. **World Health Organization: Studies on social and economic determinants of population health**, [s. l.], v. 2, 2006.

WHO. **Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation.** [s.l.] : World Health Organization, 2003. v. 916

WHO. **Global strategy on diet, physical activity and health.** Geneva: World Health Organization, 2004. a.

WHO. Food and health in Europe: a new basis for action. **World Health Organization, Regional publications. European series**, [s. l.], n. 96, p. i--xvi, 1--385, back cover, 2004. b.

WHO. **Food and nutrition policy for schools: A tool for the development of school nutrition programmes in the European Region.** [s.l.] : Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006.

WHO. **Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020.** Geneve: World Health Organization, 2013.

WHO. **Healthy diet.** 2015a. Disponível em: <<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>>.

WHO. WHO Guideline: “Sugars intake for adults and children” raises some question marks. **Agro Food Industry Hi-Tech**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 34–36, 2015. b.

WHO REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. The First Action Plan for Food and Nutrition Policy. **Europe**, [s. l.], 2005.

WILKINSON, Richard; MARMOT, Michael. Social Determinants of Health: the Solid

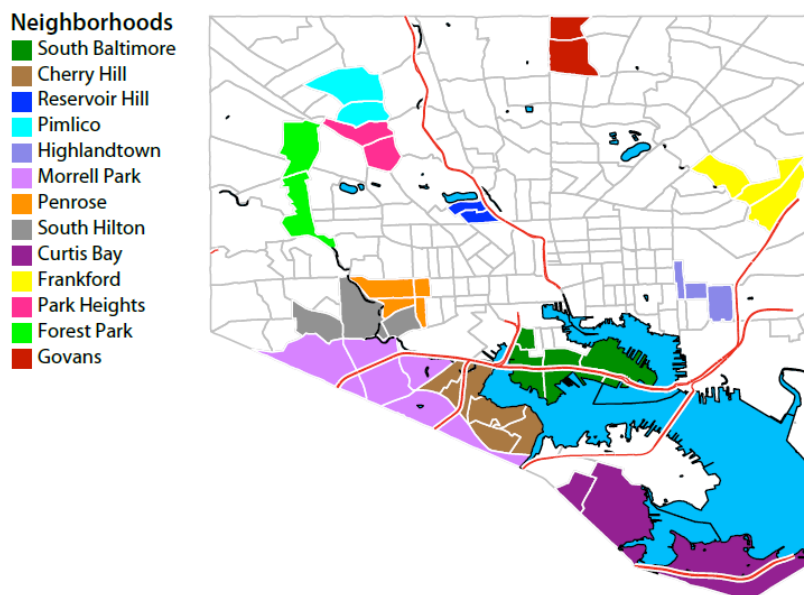
Facts. **World Health Organization**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 1–33, 2003. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/98438/e81384.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/98438/e81384.pdf)>

ZAKI, Nadine A. A.; DOWIDAR, Karin M. L.; ABDELAZIZ, Wafaa E. E. Assessment of the Healthy Eating Index-2005 as a predictor of early childhood caries.

**International journal of paediatric dentistry**, England, v. 25, n. 6, p. 436–443, 2015.

## ANEXOS

### Anexo 1. Setores censitários do município de Baltimore (HANDLS).



Anexo 2. Ferramentas utilizada para ajudar o respondente a informar o volume e as dimensões dos alimentos consumidos (NHANES 2015-2016).

 <p>Grade retangular</p>	 <p>Copos</p>	 <p>Copos de uisque e vinho</p>	 <p>Canecas</p>
 <p>Tigelas</p>	 <p>Colheres de casa</p>	 <p>Medidores de copos e colheres</p>	 <p>Régua</p>
 <p>Varetas de plástico</p>	 <p>Montes</p>	 <p>Círculos concêntricos</p>	 <p>Caixas de cartão</p>
 <p>Caixas de suco</p>	 <p>Garrafas de água</p>	 <p>Cunhas</p>	 <p>Pratos</p>

Anexo 3. Estágios de seleção da amostra NHANES 2015-2016.

