

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA

Paula Martins Horta

**QUALIDADE DA DIETA DE CRIANÇAS DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE BELO
HORIZONTE, MINAS GERAIS: AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO**

Belo Horizonte, 2016

Paula Martins Horta

**QUALIDADE DA DIETA DE CRIANÇAS DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE BELO
HORIZONTE, MINAS GERAIS: AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientadora: Dra. Luana Caroline dos Santos.

Coorientador: Dr. Eliseu Verly Junior.

Belo Horizonte, 2016

Horta, Paula Martins.
H821q Qualidade da dieta de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais [manuscrito]:avaliação e proposta de otimização. / Paula Martins Horta. - - Belo Horizonte: 2016.
107f.: il.
Orientador: Luana Caroline dos Santos.
Coorientador: Eliseu Verly Junior.
Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.
1. Comportamento Alimentar. 2. Epidemiologia Nutricional. 3. Inquéritos Nutricionais. 4. Programação Linear. 5. Saúde Escolar. 6. Estudos Transversais. 7. Criança. 8. Dissertações Acadêmicas. I. Santos, Luana Caroline dos. II. Verly Junior, Eliseu. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.
NLM: WB 400

RESUMO

HORTA, P. M. **Qualidade da dieta de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais: avaliação e proposta de otimização.** 2016. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

Introdução: A avaliação do consumo alimentar na infância pode contribuir para a identificação de inadequações alimentares e direcionar intervenções em saúde. Para isso, recomenda-se a investigação de múltiplos componentes dietéticos ajustados pela variação intrapessoal da dieta. A otimização da dieta pode ser utilizada na sequência para predizer mudanças que permitam melhorar a qualidade da dieta desviando o mínimo do consumo alimentar apresentado. **Objetivo:** Avaliar a qualidade da dieta de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais, e propor a sua otimização. **Métodos:** Estudo transversal com crianças de 9-10 anos, com coleta de dados realizada entre março de 2013 e agosto de 2015, abrangendo as seguintes informações: sexo, idade, endereço (posterior avaliação da vulnerabilidade à saúde), consumo de refeições escolares, dados antropométricos e de consumo alimentar (um recordatório alimentar de 24 horas - R24 em toda a amostra e dois R24 em uma subamostra). A qualidade da dieta foi avaliada pelo *Healthy Eating Index* (HEI)-2010. Aplicou-se o modelo de múltiplos componentes dietéticos para estimativa da qualidade da dieta habitual proposto pelo *National Cancer Institute*. Além disso, realizou-se otimização da qualidade da dieta pela programação linear, tendo como função objetivo a necessidade energética média estimada das crianças (1.740 kcal) e como variáveis de restrição os principais alimentos consumidos pelas crianças (os 90% mais frequentes). Restrições foram impostas aos componentes do HEI-2010 de forma a se obter pelo menos 80% de seus escores máximos e à participação de nutrientes para atender às recomendações vigentes. **Resultados:** A amostra foi composta por 1.357 crianças, cujo escore médio do HEI-2010 foi 55,08 pontos. As crianças com pior qualidade da dieta (<P10) pontuaram menos que 44,72 e as crianças com melhor qualidade da dieta (>P90) pontuaram mais que 65,22. Os componentes de maior adequação foram: “alimentos proteicos totais e leguminosas” e “vegetais verdes e leguminosas”; e os de menor adequação foram: “grãos refinados”, “ácidos graxos”, “leite e derivados” e “sódio”. Diferenças pequenas (de 2-3 pontos) no escore do HEI-2010 foram notadas entre as categorias de sexo, risco de vulnerabilidade social e número diário de consumo de refeições escolares. Considerando os resultados da programação linear, o modelo somente foi possível após a substituição do leite integral pelo desnatado. A participação de alguns alimentos aumentou muito em relação à média observada: grãos integrais (52,06 vezes); óleo (11,06 vezes); leite (3,15 vezes); frutas (3 vezes); tomate, repolho e couve (3 vezes). Em oposição, arroz branco, pães não industrializados e massa tiveram sua participação reduzida em 40% da média e os alimentos ultraprocessados em até 10% da média. **Conclusão:** O estudo apontou inadequações na qualidade da dieta das crianças e sugestões de mudanças a fim de aprimorá-la. Verificou-se necessidade de aumento do consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados, sobretudo grãos integrais, óleo, leite, frutas e hortaliças, em contraposição à ingestão de produtos ultraprocessados e grãos refinados, que deverá ser reduzida. Esses resultados poderão ser utilizados na definição do cardápio escolar e de temáticas de ações de educação alimentar e nutricional.

Palavras-chave: Criança. Dieta. Epidemiologia nutricional. Otimização. Programação linear. Saúde escolar.

ABSTRACT

HORTA, P. M. **Diet quality among children from municipal schools from Belo Horizonte, Minas Gerais: evaluation and optimization proposal.** 2016. 107 f. Thesis (Doctor's Degree in Health Sciences) – Medical School, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

Introduction: Food consumption evaluation in childhood can contribute to dietary inadequacies identification and guide health interventions. Thus, studying multiple interrelated dietary components adjusted for within person variance is highly recommended. In sequence, diet optimization can be used to predict changes that allow improve dietary quality while deviating the least from dietary habits presented. **Objective:** to evaluate usual diet quality among children from municipal schools of Belo Horizonte, Minas Gerais, and to propose its optimization. **Methods:** Cross-sectional study. Data collection were realized between March 2013 and August 2015 and included: sex, age, address (to posterior vulnerability risk evaluation), school meals consumption, anthropometry (weight and height), food consumption (one 24-hour dietary recall - 24HR for the whole sample and two 24HR for a subsample). Diet quality was evaluated by Healthy Eating Index 2010 (HEI-2010). The National Cancer Institute multiple dietary components model was applied to estimate usual diet quality. In addition, diet quality optimization by linear programming was applied and children's mean energy requirement (1,740 kcal) was the objective function and the main food items consumed the sample (90% of all foods) were the decision variables. Constraints related to HEI-2010 components aimed to provide at least 80% of their maximum score and nutrients content was defined to achieve current recommended standards. **Results:** The sample comprised 1,357 children and the HEI-2010 total score was 55.08. Children with poorer diet quality (<10th) scored less than 44.72 and children with higher diet quality (>90th) scored more than 65.22. Components of higher adequacy were: 'total protein foods' and 'beans and greens'; and the ones with lower adequacy: 'refined grains', 'fatty acids', 'dairy' and 'sodium'. Small differences in HEI-2010 score (about 2-3 points) were noted among categories of sex, social vulnerability risk and school meals consumption. Regarding results from diet optimization, the model was feasible after substituting skimmed milk for whole milk. Intake of some foods had to be increased (in comparison to the mean observed intake): whole grains (52.06 times), oil (11.06 times), milk (3.15 times), fruits (3 times), tomato, cabbage and green collard (3 times). In contrast, rice, non-industrialized bread and pasta was reduced to 40% of the mean and ultra-processed foods were decreased to no lower than 10% of the mean. **Conclusion:** The study pointed inadequacies in children's diet quality and suggested changes in order to improve it. Increasing natural and minimally processed foods consumption is needed, especially whole grains, oil, milk, fruits and vegetables, in contrast to ultraprocessed products and refined grains intake that have to be reduced. These results can be used in school meal menu definition and in food and nutrition education activities.

Keywords: Child. Diet. Nutritional epidemiology. Optimization. Linear programming. School health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	- Descrição dos principais índices de avaliação da qualidade da dieta propostos para população americana e brasileira.....	25
Quadro 2	- Descrição de estudos de avaliação da qualidade da dieta de crianças e adolescentes brasileiros.....	28
Quadro 3	- Descrição de estudos de otimização da dieta.....	30
Figura 1	- Divisão das regionais administrativas de Belo Horizonte/MG.....	41
Quadro 4	- População elegível, amostra selecionada e amostra do estudo, segundo regionais administrativas. Belo Horizonte/MG, 2013.....	42
Quadro 5	- <i>Healthy Eating Index-2010</i> : componentes e critérios para pontuação.....	47
Quadro 6	- Descrição do modelo de otimização. Belo Horizonte/MG, 2016.....	49
Quadro 7	- Principais alimentos consumidos na amostra e sua classificação em moderação e adequação. Belo Horizonte/MG, 2016.....	50
Quadro 8	- Restrições impostas aos componentes do <i>Healthy Eating Index-2010</i> no modelo de otimização da qualidade da dieta. Belo Horizonte/MG, 2016	52
Quadro 9	- Restrições impostas ao conteúdo de nutrientes no modelo de otimização da qualidade da dieta. Belo Horizonte/MG, 2016.....	53
Artigo 1		
Chart 1	- HEI-2010 components and standards for scoring. Brazil, 2016.....	71
Artigo 2		
Chart 1	- Optimization modelling description. Brazil, 2016	87

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

- Table 1** - Healthy Eating Index-2010 components and total scores for 9- to 10-year-old children from a Brazilian city. Brazil, 2016 72
- Table 2** - Healthy Eating Index -2010 components and total mean scores for 9- to 10-year-old children from a Brazilian city according to gender, number of school meals consumed daily, social vulnerability risk. Brazil, 2016 73

Artigo 2

- Table 1** - Healthy Eating Index-2010 components, standard for scoring and participation in the observed intake and in the optimized model. Brazil, 2016 88
- Table 2** - Main food items consumed by 9- to 10-year-old children from a Brazilian city and constraints and participation of its items in the optimized model. Brazil, 2016 90
- Table 3** - Energy and nutrient content in the observed intake and in the optimized model in accordance to minimum and maximum recommendations. Brazil, 2016 91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

24HR	- <i>24-Hour Dietary Recall</i>
AGM	- Ácidos Graxos Monoinsaturados
AGP	- Ácidos Graxos Poliinsaturados
AGS	- Ácidos Graxos Saturados
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	- Código de Endereçamento Postal
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DASH	- <i>Dietary Approaches to Stop Hypertension</i>
DGA	- <i>Dietary Guidelines for Americans</i>
DQI	- <i>Diet Quality Index</i>
EAN	- Educação Alimentar e Nutricional
EAR	- <i>Estimated Average Requirement</i>
EER	- <i>Estimated Energy Requirement</i>
FAPEMIG	- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
HEI	- <i>Healthy Eating Index</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	- Índice de Massa Corporal
IQD	- Índice de Qualidade da Dieta
IQDR	- Índice de Qualidade da Dieta Revisado
ISU	- <i>Iowa State University</i>
IVS	- Índice de Vulnerabilidade da Saúde
MDS	- <i>Mediterranean Diet Scale</i>
MG	- Minas Gerais
MSM	- <i>Multiple Source Method</i>
MT	- Mato Grosso
MUFAS	- <i>Monounsaturated Fatty Acids</i>
NCI	- <i>National Cancer Institute</i>
NRC	- <i>National Research Council</i>
OMS	- Organização Mundial de Saúde
PEI	- Programa Escola Integrada

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PeNSE	-	Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar
PNAN	-	Política Nacional de Alimentação e Nutrição
PNAE	-	Programa Nacional de Alimentação Escolar
POF	-	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PSE	-	Programa Saúde na Escola
PUFAS	-	<i>Polyunsaturated Fatty Acids</i>
R24	-	Recordatório Alimentar de 24 Horas
RS	-	Rio Grande do Sul
SAS	-	<i>Statistical Analysis System</i>
SFA	-	<i>Saturated Fatty Acids</i>
SISVAN	-	Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional
SMASAN	-	Secretaria Municipal Adjunta de Segurança Alimentar e Nutricional
SP	-	São Paulo
UFMG	-	Universidade Federal de Minas Gerais
UL	-	<i>Tolerable Upper Intake Level</i>
US	-	<i>United States</i>
USDA	-	<i>United States Department of Agriculture</i>
VAN	-	Vigilância Alimentar e Nutricional

APRESENTAÇÃO

Esta tese é composta por introdução, revisão da literatura, objetivos e métodos. Em seguida, apresentam-se os resultados e discussão sob a forma de dois artigos originais redigidos em língua inglesa a serem submetidos em periódicos indexados após apreciação da banca. As considerações finais, os apêndices e os anexos complementam o volume.

As referências bibliográficas são apresentadas após cada sessão da tese de acordo com as normas Vancouver e conforme as recomendações específicas dos periódicos para os quais os artigos serão submetidos.

O formato da tese atende as diretrizes da resolução 03/2010, de 05 de fevereiro de 2010 do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	Alimentação e nutrição entre escolares brasileiros	19
2.2	Políticas e programas de promoção à alimentação saudável entre escolares no Brasil	20
2.3	Avaliação do consumo alimentar: ingestão habitual e qualidade da dieta	23
2.4	Otimização da dieta para predição de mudanças alimentares	29
3	OBJETIVOS	38
3.1	Objetivo geral	39
3.2	Objetivos específicos	39
4	MÉTODOS	40
4.1	Apresentação do estudo	41
4.2	População em estudo	42
4.3	Coleta de dados	43
4.4	Tratamento e análise dos dados	44
4.4.1	Avaliação da vulnerabilidade da saúde	44
4.4.2	Avaliação do estado nutricional	44
4.4.3	Avaliação do consumo de alimentos em peso e em composição nutricional	44
4.4.4	Avaliação da qualidade usual da dieta	45
4.4.5	Otimização da qualidade da dieta	49
4.5	Aspectos éticos	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Artigo 1	57
5.1	Artigo 2	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	ANEXOS	96
	APÊNDICES	99

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A prática de alimentação saudável na infância é fundamental para o alcance de condições adequadas de saúde, permitindo ótimo crescimento e desenvolvimento da criança^{1,2}. Dentre o público pediátrico, a idade escolar se caracteriza como um período de transição entre a infância e a adolescência, marcado por intensa atividade física, ritmo de crescimento constante e ganho mais acentuado de peso. As necessidades nutricionais estão elevadas e a criança está vulnerável aos problemas nutricionais².

Apesar disso, resultados de pesquisas de avaliação do consumo alimentar apontam baixo consumo de frutas e hortaliças e de alimentos lácteos entre escolares, em contraponto à ingestão excessiva de guloseimas, refrigerantes e lanches prontos^{3,4}. De modo concomitante, tem-se elevadas prevalências de excesso de peso e estima-se que uma a cada três crianças brasileiras em idade escolar esteja acima do peso ideal⁵.

Neste cenário, desenvolver ações de promoção da alimentação saudável na infância é urgente. No Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)⁶ e o Programa Saúde na Escola (PSE)⁷ e, em Belo Horizonte, o Programa Escola Integrada (PEI)⁸ apresentam impacto positivo na alimentação infantil e favorecem a construção de um ambiente alimentar mais saudável na escola. Em adição, as ações de vigilância alimentar e nutricional (VAN) no país permitem conhecer aspectos gerais e específicos da situação alimentar e nutricional das crianças brasileiras, avaliar a contribuição dos fatores causais envolvidos e indicar medidas mais apropriadas para prevenção e controle dos problemas de saúde e nutrição neste público⁹.

Apesar disso, a pesquisa em VAN utiliza com frequência o recordatório alimentar de 24 horas (R24) como fonte de informação direta do consumo alimentar. Este instrumento possui aplicação simples e baixo custo, porém a informação coletada reflete o consumo atual do indivíduo ao longo de um dia, o que se contrapõe ao principal objetivo da VAN que é avaliar a dieta usual do indivíduo^{10,11,12}. É necessário, então, corrigir a elevada variabilidade refletida pelas alterações que os indivíduos apresentam no consumo alimentar ao longo dos dias, denominada variabilidade intrapessoal, para tornar o R24 um método mais preciso.

Uma opção para superar esta dificuldade, é a coleta de repetidos R24. Porém, em pesquisas epidemiológicas isso implica em elevado custo e pode ser ineficaz em grandes amostras. Outra solução é a utilização de métodos estatísticos de ajuste da ingestão de nutrientes ou de alimentos pela fração da variabilidade intrapessoal^{13,14}, que recentemente

foram extrapolados para instrumentos formados por múltiplos componentes dietéticos, a exemplo dos índices de avaliação da qualidade da dieta^{15,16}.

Estas ferramentas foram propostas ao final do século XX, a partir do reconhecimento de que os componentes dietéticos se relacionam entre si e que a investigação da ingestão isolada de nutrientes ou de alimentos representa uma visão reducionista da alimentação. Estes índices consideram a atuação combinada dos diversos fatores individuais da dieta, pontuados segundo as diretrizes nutricionais vigentes, permitindo obter um escore total como uma medida resumo da qualidade da alimentação dos indivíduos^{17,18,19}.

Um dos países pioneiros nesta forma de avaliar a dieta foram os Estados Unidos com a proposição do *Healthy Eating Index* (HEI)-1995²⁰. A versão mais recente deste índice, o HEI-2010²¹, foi publicada em 2013 e avalia a qualidade da dieta segundo as recomendações nutricionais atuais do guia alimentar americano de 2010²².

A partir do estudo da qualidade da dieta dos indivíduos, a VAN pode orientar ações de intervenção sobre o consumo alimentar que favoreçam a adequação nutricional, mas que consideram as preferências alimentares dos sujeitos e a disponibilidade de renda. Sabe-se que os indivíduos possuem maior dificuldade para seguirem um planejamento dietético se as alterações propostas são divergentes de sua cultura e hábito alimentar^{23,24,25,26,27,28,29,30}.

Estudos de avaliação da qualidade da dieta de crianças e adolescentes brasileiros apontam baixa adequação às diretrizes nutricionais, sobretudo quanto ao consumo de frutas, leite e derivados, grãos integrais e vegetais^{31,32,33,34}. Desenvolver estudos de avaliação da qualidade da dieta ajustada pela variabilidade intrapessoal e, a partir dos resultados, prever alterações dietéticas que permitam a adequação nutricional, desviando o mínimo do consumo alimentar apresentado, é de grande relevância para o público pediátrico. Isto pode ser alcançado pela criação de modelos de otimização da dieta utilizando-se a programação linear, na medida em que esta ferramenta matemática permite identificar padrões dietéticos ótimos para uma população considerando o consumo alimentar observado e os nutrientes de interesse^{35,36}.

Referências bibliográficas

1. WHO - World Health Organization. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 2007; 85(9):660-667.

2. SBP – Sociedade Brasileira de Pediatria. Departamento de Nutrologia. Manual de orientação para a alimentação do lactente, do pré-escolar, do escolar, do adolescente e na escola. 3 edição. Rio de Janeiro, RJ: SBP, 2012. 148p.
3. De Assis MAA, Calvo MCM, Kupek E, de Vasconcelos FAG, Campos VC, Machado M, da Costa FF, de Andrade DF. Qualitative analysis of the diet of a probabilistic sample of schoolchildren from Florianopolis, Santa Catarina State, Brazil, using the Previous Day Food Questionnaire. *Cad Saude Publica* 2010; 26(7):1355-1365.
4. Costa LCF, Vasconcelos FAG, Corso ACT. Fatores associados ao consumo adequado de frutas e hortaliças em escolares de Santa Catarina, Brasil. *Cad Saude Publica* 2012; 28(6):1133-1142.
5. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. 2010. 127p.
6. Sidaner E, Balaban D, Burlandy L. The Brazilian school feeding programme: an example of integrated programme in support of food and nutrition security. *Public Health Nutr* 2013; 16(6):989-994.
7. Brasil. Presidência da República. Decreto nº6.286 de 5 de dezembro de 2007. Institui o Programa Saúde na Escola – PSE, e dá outras providências. Acesso em: 17 de junho de 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6286.htm>.
8. Evaristo MM, Macedo NMS, Terra ERB, Fernandes LT, Godoy MF, Viana MLD, Ribeiro TR. Escola Integrada: novos tempos, lugares e modos para aprender. *Pensar BH/Política Social* 2007; 19(out/dez):1-8.
9. Coutinho JG, Cardoso AJC, Toral N, da Silva ACF, Ubarana JA, de Aquino KKNC, Nilson EAF, Fagundes A, Vasconcellos AB. A organização da Vigilância Alimentar e Nutricional no Sistema Único de Saúde: histórico e desafios atuais. *Rev Bras Epidemiol* 2009; 12(4):688-699.
10. Gibson RS. Food consumption of individuals. In: Gibson RS (ed): Principles of nutritional assessment. p.37-54. New York Oxford University Press, 1990.
11. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: application in dietary assessment. Washington, DC: National Academy Press; 2000. 306p.
12. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health* 2014; 36: e2014009.

13. Carriquiry AL. Estimation of usual intake distributions of nutrients and foods. *J Nutr* 2003; 133(1): 601-608.
14. Dodd KW, Guenther PM, Freedman LS, Subar AF, Kipnis V, Midthune D, Tooze JA, Krebs-Smith SM. Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: a review of the theory. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(10):1640-1650.
15. Zhang S, Midthune D, Guenther PM, Krebs-Smith SM, Kipnis V, Dodd KW, Tooze JA, Freedman L, Carroll RJ. A new multivariate measurement error model with zero-inflated dietary data and its application to dietary assessment. *Ann Appl Stat* 2011; 5(2B): 1456-1487.
16. Carrol RJ. Estimating the distribution of dietary consumption patterns. *Stat Sci* 2014; 29(1):2-8.
17. Kourlaba G, Panagiotakos DB. Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas* 2009; 62(1): 1-8.
18. Wirt A, Collins CE. Diet quality – what is it and does it matter? *Public Health Nutr* 2009; 12(12):2473-2492.
19. Alkerwi A. Diet quality concept. *Nutrition* 2014; 30(6): 613-618.
20. Kennedy ET, Ohls J, Carlos S, Fleming K. The healthy eating index: design and applications. *J Am Diet Assoc* 1995; 95(10): 1103-1108.
21. Guenther PM, Casavale KO, Reedy J, Kirkpatrick SI, Hiza HÁ, Kuczynski KJ, Kahle LL, Krebs-Smith SM. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet* 2013; 113(4): 569-580.
22. USDA – United States Department of Agriculture. HHS – United States Department of Health and Human Services. *Dietary Guidelines of Americans*. 2010. 7th Edition. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. December 2010. 95p.
23. Darmon N, Ferguson E, Briend A. A cost constraint alone has adverse effects on food selection and nutrient density: an analysis of human diets by linear programming. *J Nutr* 2002; 132(12):3764-3771.
24. Darmon N, Ferguson E, Briend A. Linear and nonlinear programming to optimize the nutrient density of a population's diet: an example based on diets of preschool children in rural Malawi. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(2):245-253.
25. Ferguson EL, Darmon N, Briend A, Premachandra IM. Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis. *J Nutr* 2004; 134(4):951-957.

26. Darmon N, Ferguson E, Briend A. Impact of a cost constraint on nutritionally adequate food choices for French women: an analysis by linear programming. *J Nutr Educ Behav* 2006; 38(2):82-90.
27. Rabeloson ZJ, Darmon N, Ferguson EL. Linear programming can help identify practical solutions to improve the nutritional quality of food aid. *Public Health Nutr* 2007; 11(4):395-404.
28. Masset G, Monsivais P, Maillot M, Darmon N, Drewnovski A. Diet optimization methods can translate dietary guidelines into a cancer prevention food plan. *J Nutr* 2009; 139(8): 1541-1548.
29. Brimblecombe J, Ferguson M, Liberato SC, O'Dea K, Riley M. Optimization modelling to assess cost of dietary improvement in remote aboriginal Australia. *PLoS One* 2013; 8(12):383587.
30. Okubo H, Sasaki S, Murakami K, Yokoyama T, Hirota N, Notsu A, Fukui M, Date C. Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models. *Nutr J* 2015; 14(1):57.
31. Godoy FC, de Andrade SC, Morimoto JM, Carandina L, Goldbaum M, Barros MBA, Cesar CLG, Fisberg RM. Índice de qualidade da dieta de adolescentes residentes no distrito de Butantã, município de São Paulo, Brasil. *Rev Nutr* 19(6):663-671.
32. De Assumpção D, Barros MB, Fisberg RM, Carandina L, Goldbaum M, Cesar CL. Diet quality among adolescents: a population-based study in Campinas, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* 2012; 15(3):605-616.
33. Wendpap LL, Ferreira MG, Rodrigues PR, Pereira RA, Loureiro A da S, Gonçalves-Silva RM. Adolescents' diet quality and associated factors. *Cad Saude Publica* 2014; 30(1):97-106.
34. Rauber F, da Costa Louzada ML, Vitolo MR. Healthy eating index measures diet quality of Brazilian children of low socioeconomic status. *J Am Coll Nutr* 2014; 33(1):26-31.
35. Soden PM, Fletcher R. Modifying diets to satisfy nutritional requirements using linear programming. *Br J Nutr.* 1992; 68(3): 565-572.
36. Briend A, Darmon N, Ferguson E, Erhardt J. Linear programming: A mathematical tool for analyzing and optimizing children's diets during the complementary feeding period. *JPGN* 2003; 36(1): 12-22.

REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

Serão abordados a seguir: a importância da alimentação e da nutrição para a criança em idade escolar e o consumo alimentar deste público no Brasil; as políticas e os programas de promoção da alimentação saudável no Brasil; e a avaliação do consumo alimentar por métodos de ajuste da distribuição pela variação intrapessoal da dieta e pelos índices de avaliação da qualidade da dieta. Por fim, será discutida a utilização de modelos de otimização da dieta pela programação linear para predição de mudanças dietéticas que enfoquem maior adequação nutricional, desviando, ao mesmo tempo, o mínimo do padrão alimentar apresentado pela população em estudo.

2.1 Alimentação e nutrição entre escolares brasileiros

A alimentação e a nutrição constituem requisitos básicos para a promoção de saúde e a proteção de doenças e devem ser asseguradas para todos os indivíduos¹. Na infância, a prática de uma alimentação adequada é fundamental para o ótimo crescimento e desenvolvimento^{2,3} e contribui para prevenção de doenças e agravos não-transmissíveis^{4,5}.

O público pediátrico contempla os lactentes (0-2 anos), os pré-escolares (2-5 anos), os escolares (6-10 anos) e os adolescentes (10-18 anos)³. A idade escolar se caracteriza como um período de transição entre a infância e a adolescência, marcado por intensa atividade física, ritmo de crescimento constante e ganho mais acentuado de peso. As crianças, nessa fase, se tornam mais fortes, rápidas e coordenadas. Observa-se crescente independência, sendo o momento em que a criança começa a formar novos laços sociais com outros indivíduos³.

O padrão alimentar praticado na idade escolar pode determinar a composição corporal nessa fase e influenciar no estirão da puberdade. Recomenda-se realizar esquema alimentar composto por 5 a 6 refeições, priorizar o consumo de carboidratos complexos em detrimento dos simples, limitar gorduras saturadas e açúcares, incluir frutas e hortaliças diariamente na alimentação e consumir lácteos para provimento de cálcio suficiente para formação adequada da massa óssea³.

Apesar disso, nos vinte últimos anos o brasileiro reduziu o consumo de gêneros básicos importantes para a boa nutrição, como o arroz e o feijão, e manteve a ingestão insuficiente de frutas e hortaliças. A ingestão de produtos ultraprocessados aumentou e hoje representa 25,4% do total de alimentos consumidos no Brasil⁶. Ademais, os gastos com a

alimentação fora de casa aumentaram 25% nos últimos seis anos, sendo normalmente relacionados a pior qualidade nutricional⁷.

Resultados de pesquisas de avaliação do consumo alimentar de uma amostra nacional de escolares estão indisponíveis, mas dados de dois estudos com amostras representativas de escolares do estado de Santa Catarina (n=4.964)⁸ e da capital Florianópolis (n=1.232)⁹ corroboram a elevada prevalência de hábitos alimentares inadequados no país. No primeiro estudo, observou-se 2,7% de consumo adequado de frutas e hortaliças (≥ 5 vezes por dia) e 26,6% das crianças referiram ausência destes alimentos na alimentação diária. Em contraponto, 66,8% dos escolares relataram o consumo de guloseimas duas ou mais vezes por dia⁸. No estudo de Florianópolis, por sua vez, notou-se que apenas 15,0% da amostra consome 5 porções diárias de frutas e hortaliças e 37,9% consome 3 porções diárias de leite e derivados. Doces, lanches salgados (salgadinhos industrializados, hambúrguer, pizza) e refrigerantes foram mencionados na alimentação diária de 78,1%, 58,1% e 33,5% das crianças, respectivamente⁹.

Concomitante à grande inadequação alimentar, tem-se elevadas prevalências de excesso de peso entre crianças brasileiras de 5 a 9 anos. Segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009, uma a cada três crianças em idade escolar está acima do peso ideal e nos últimos 30 anos a ocorrência de obesidade sextuplicou e setuplicou entre escolares do sexo masculino e feminino, respectivamente¹⁰.

Neste cenário, desenvolver ações de promoção da alimentação saudável entre escolares é urgente. No Brasil, estão vigentes políticas e programas de nutrição e de saúde pública com esta finalidade com implicações para o ambiente escolar, para atuação dos serviços de saúde e para o desenvolvimento das pesquisas científicas, entre outros.

2.2 Políticas e programas de promoção à alimentação saudável entre escolares no Brasil

No Brasil, a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) aprovada em 1999 e revisada em 2011, se constitui como a principal política de melhoria das condições de alimentação e nutrição da população brasileira. Essa política prevê estratégias com impacto na saúde e nutrição do escolar, como o incentivo à criação de um ambiente escolar promotor de alimentação adequada e saudável; o apoio à educação alimentar e nutricional (EAN) para o exercício da autonomia e do autocuidado e o desenvolvimento de ações de VAN como subsidiária do planejamento da atenção nutricional e das ações de promoção da alimentação saudável¹.

Para o alcance dessas estratégias, programas e ações de nutrição e de saúde pública, enfocando promoção da alimentação saudável são propostos no país.

O PNAE criado em 1955 é um dos programas de alimentação e nutrição mais antigos e foi visto durante muitos anos como designado para enfrentar a desnutrição e a baixa escolaridade no Brasil. Com o passar dos anos e com a evolução da alimentação e nutrição nas políticas públicas do país, hoje o programa visa contribuir para o desenvolvimento biopsicossocial e escolar de estudantes brasileiros pelo atendimento de suas necessidades nutricionais enquanto permanecerem no ambiente escolar e por apoiar a formação de hábitos saudáveis pela EAN¹¹.

A publicação da Resolução nº26 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação de 17 de junho de 2013 contribui para o alcance desses objetivos na medida em que define que a alimentação escolar deve ofertar pelo menos 20% das necessidades diárias dos estudantes matriculados na educação básica em período parcial e pelo menos 30% das necessidades diárias quando duas ou mais refeições são ofertadas. Nos casos de estudantes matriculados em período integral, segundo a resolução, a alimentação escolar deve ofertar 70% das necessidades nutricionais diárias e há valores específicos estabelecidos para creches e escolas localizadas em comunidades indígenas e quilombolas. A resolução limita na alimentação escolar açúcar de adição, gordura, sal e de alimentos processados com elevado teor de sódio e gorduras saturadas e determina que pelo menos 30% de todos os recursos financeiros destinados ao programa sejam provenientes da aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural ou suas organizações¹².

Além do PNAE, o PSE também contribui para a promoção da alimentação saudável no ambiente escolar. Este programa foi instituído pelo Decreto Presidencial nº6.286 de 5 de dezembro de 2007 nos âmbitos do Ministério da Educação e da Saúde e amplia as ações específicas de saúde aos alunos da rede pública de ensino. Dentre as ações previstas pelo programa, destaca-se a promoção da alimentação saudável por meio da EAN¹³.

O PSE concebe a escola como um espaço privilegiado para ações de promoção da alimentação saudável, em virtude de seu potencial para produzir impacto sobre a saúde, autoestima, comportamentos e desenvolvimento de habilidades. A promoção da alimentação adequada neste ambiente deve contemplar a EAN, o respeito à alimentação regional, a produção de hortas escolares, a implantação das boas práticas de manipulação da alimentação escolar, a restrição ao comércio de alimentos e preparações com altos teores de gordura saturada, gorduras trans, açúcar e sal, o incentivo ao consumo de frutas, verduras e legumes; e o monitoramento da situação nutricional dos escolares¹⁴.

Em Belo Horizonte (MG), o Programa Escola Integrada (PEI) também tem destaque como um programa de promoção da alimentação saudável entre escolares. O PEI foi criado em 2006 e prevê o prolongamento da permanência da criança no ambiente escolar para nove horas diárias. A criança participante do programa vivencia atividades educativas e recreativas externas ao currículo básico de educação, que contempla temáticas relacionadas, por exemplo, ao meio ambiente, saúde, ciência, tecnologia, música, esportes e nutrição. Além disso, durante o tempo de permanência dos alunos na escola, três refeições são ofertadas, que atendem aos requisitos nutricionais da alimentação escolar^{12,15,16}.

Assim, o PNAE, o PSE e o PEI refletem uma visão ampliada sobre o ambiente escolar, que passa a ser palco de iniciativas que associam a promoção e o acesso à alimentação saudável, o apoio à alimentação regional e à agricultura familiar, a regulação da alimentação escolar e a EAN^{15,17}.

Outra estratégia de grande importância para a promoção da alimentação saudável na fase escolar e prevista em uma das diretrizes da PNAN é o desenvolvimento de ações de VAN. Esta é entendida como a descrição contínua e a predição de tendências de condições alimentares e nutricionais da população e de seus fatores determinantes e, por isso, subsidia o planejamento da atenção nutricional e das ações de promoção da alimentação saudável. A VAN deve ser considerada a partir de um enfoque ampliado que incorpore a vigilância nos serviços de saúde, os inquéritos populacionais e a produção científica¹.

No âmbito dos serviços de saúde, o Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN) propõe a avaliação de marcadores da alimentação saudável e não saudável entre crianças em idade escolar¹⁸. Dentre os inquéritos populacionais, destaca-se a POF, que avalia as quantidades de alimentos e bebidas adquiridas pelas famílias brasileiras e que desde a sua última edição de 2008-2009 também investiga o consumo alimentar pessoal de indivíduos com 10 ou mais anos de idade^{19,20} e a Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) que avalia o consumo de marcadores da alimentação saudável e não saudável de escolares do 9º ano¹⁹. Por fim, a produção científica complementa os dados obtidos nos serviços de saúde e pelos inquéritos com dados epidemiológicos de monitoramento da população. A realização desses estudos permite conhecer aspectos gerais e específicos da situação alimentar e nutricional do Brasil, avaliar a contribuição dos fatores causais envolvidos e indicar medidas mais apropriadas para prevenção e controle dos problemas de saúde e nutrição²¹.

A partir do exposto, desenvolver estudos de avaliação do consumo alimentar de crianças que forneçam subsídios para as ações do PNAE, PSE e PEI é amplamente recomendado e contribui para o estudo da promoção da alimentação saudável entre escolares

no Brasil. Sugere-se que estes estudos estejam pautados nas recomendações mais atuais quanto às variáveis de consumo investigadas e análise dos dados. Atualmente, tem tido destaque no campo da epidemiologia nutricional os estudos que contemplam a avaliação da ingestão habitual de nutrientes e de alimentos e a utilização de índices de avaliação da qualidade da dieta para caracterização de padrões alimentares²².

2.3 Avaliação do consumo alimentar: ingestão habitual e qualidade da dieta

As pesquisas de VAN utilizam com frequência informações diretas do consumo alimentar dos indivíduos, tais como as obtidas pela aplicação do R24. Este instrumento se caracteriza por ser um questionário aberto, no qual informações quanto ao modo de preparo dos alimentos, ingredientes das preparações e quantidades consumidas são coletadas com detalhes pelo relato do indivíduo no dia seguinte ao seu consumo. O R24 possui aplicação simples e de baixo custo, o que permite a sua utilização em grandes amostras e em contextos diversos, incluindo populações de baixa escolaridade e de baixo nível socioeconômico^{23,24}.

Apesar disso, a informação coletada por este método reflete o consumo atual do indivíduo ao longo de um dia, o que se contrapõe ao principal objetivo da VAN que é avaliar a dieta usual do indivíduo²⁵. Os sujeitos não consomem os mesmos alimentos todos os dias e fatores como sazonalidade e dias da semana podem alterar o consumo alimentar ao longo do tempo. Esta variabilidade é denominada intrapessoal e sua presença nas análises dos dados pode superestimar o percentual de indivíduos com ingestão excessiva ou insuficiente de um nutriente. Além disso, nos estudos de associação, a presença de variabilidade intrapessoal na distribuição do consumo pode enfraquecer medidas de associação e, como consequência, omitir verdadeiras associações entre alimentação e eventos de saúde e doença²⁵. Sendo assim, é necessário corrigir a variabilidade intrapessoal para tornar o R24 um método mais preciso.

Uma opção para superar esta dificuldade, é a coleta de repetidos R24. Porém, em pesquisas epidemiológicas isso implica em elevado custo e pode ser ineficaz em grandes amostras. Outra solução é a utilização de métodos estatísticos de ajuste da ingestão de nutrientes ou de alimentos pela fração da variabilidade intrapessoal da dieta. Para estas abordagens é necessário que uma segunda medida dietética seja obtida de pelo menos uma subamostra do estudo. Alguns exemplos destes métodos são os propostos pelo *United States National Research Council* (método NRC), *Iowa State University* (método ISU), *United States National Cancer Institute* (método NCI) e *European Food Consumption Validation Project* (método *Multiple Source Method* - MSM)^{26,27,28}.

Os métodos de ajuste pela variabilidade intrapessoal da dieta foram inicialmente propostos para correção da distribuição de consumo de nutrientes e alimentos isolados^{29,30}. Em seguida, os métodos avançaram e, a partir da proposição de um modelo bivariado, tornou-se possível o ajuste de uma razão de dois componentes dietéticos, representada, por exemplo, pela participação da gordura saturada na dieta expressa em percentual calórico³¹. Mais recentemente, foi proposta uma metodologia multivariada que permitiu o ajuste da distribuição pela variabilidade intrapessoal da dieta de instrumentos formados por múltiplos componentes dietéticos, a exemplo dos índices de avaliação da qualidade da dieta^{32,33}.

Estas ferramentas foram propostas ao final do século XX, a partir do reconhecimento de que os componentes dietéticos se relacionam entre si e que a investigação da ingestão isolada de nutrientes ou de alimentos representa uma visão reducionista da alimentação. Estes índices consideram a atuação combinada dos diversos fatores individuais da dieta e são pontuados segundo as diretrizes nutricionais vigentes e permitem obter um escore total como uma medida resumo da qualidade da alimentação dos indivíduos^{34,35,36,37}.

O primeiro índice de avaliação da qualidade da dieta foi desenvolvido, em 1995, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*The United States Department of Agriculture* - USDA) e foi denominado HEI-1995. Este índice é composto por 10 itens, cada um pontuado em até 10 pontos, segundo o guia alimentar americano de 1995³⁸ (Quadro 1).

No Brasil, o primeiro índice de qualidade da dieta (IQD) foi proposto em 2004 e foi adaptado do HEI-1995. O instrumento consiste de 10 componentes, sendo 5 relativos à grupos alimentares, 4 referentes à nutrientes, e um item relacionado à “variedade da dieta”. A participação dos alimentos no índice é avaliada segundo as porções recomendadas na pirâmide alimentar adaptada por Philippi et al³⁹. Os nutrientes e a variedade da dieta são pontuados similarmente ao HEI-1995⁴⁰ (Quadro 1).

QUADRO 1

Descrição dos principais índices de avaliação da qualidade da dieta propostos para população americana e brasileira.

Índice	Referência	Componentes	Peso dos componentes	Correção energética
HEI-1995	Kennedy et al ³⁸	Grãos; hortaliças; frutas; leite; produtos cárneos; gordura total; gordura saturada; colesterol; sódio e; variedade da dieta.	Igual	Não
IQD	Fisberg et al ⁴⁰	Cereais, pães, tubérculos e raízes; hortaliças; frutas; leite e produtos lácteos; carnes, ovos e leguminosas; gordura total; gordura saturada; colesterol; sódio e; variedade da dieta.	Igual	Não
HEI-2005	Guenther et al ⁴³	Frutas totais; frutas integrais; vegetais totais e leguminosas; vegetais verde-escuros e alaranjados e leguminosas; cereais totais; cereais integrais; leite; carnes e leguminosas; óleos; gordura saturada; sódio; gordura sólida, álcool e açúcar de adição.	Diferenciado	Sim
IQDR	Previdelli et al ⁴⁴	Frutas totais; frutas integrais; vegetais totais e leguminosas; vegetais verde-escuros e alaranjados e leguminosas; cereais totais; cereais integrais; leite e derivados; carnes, ovos e leguminosas; óleos; gordura saturada; sódio; gordura sólida, álcool e açúcar de adição.	Diferenciado	Sim
HEI-2010	Guenther et al ⁴⁶	Frutas totais; frutas integrais; vegetais totais e leguminosas; vegetais verdes e leguminosas; cereais integrais; leite e derivados; alimentos proteicos totais e leguminosas; alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas; ácidos graxos; grãos refinados; sódio e; calorias vazias.	Diferenciado	Sim

Nota: HEI: *Healthy Eating Index*; IQD: Índice de Qualidade da Dieta; IQDR: Índice de Qualidade da Dieta Revisado.

Fonte: Elaborado para fins deste estudo.

À medida que novos índices de avaliação da qualidade da dieta foram criados para as diversas populações^{41,42} surgiu a necessidade de se analisar a qualidade dessas ferramentas. Neste sentido, estudos foram conduzidos buscando caracterizar a variedade dos índices e propor alterações que viabilizassem a melhor estimativa da qualidade da dieta. Sugeriu-se, então, a exclusão do componente “variedade da dieta”, a utilização de recomendações de consumo corrigidas pelo conteúdo energético da alimentação, além da consideração diferenciada de cada componente para o escore final, tendo em vista seu impacto individual na qualidade da dieta^{34,36}.

A partir dessas recomendações e reconhecendo a demanda de revisão do HEI-1995 às diretrizes nutricionais americanas publicadas em 2005, deu-se início à criação do HEI-2005. O HEI-2005 é composto por 12 itens e as recomendações para o consumo de nutrientes e alimentos estão corrigidas pela energia. Cada componente é pontuado de maneira específica, considerando sua contribuição para o escore total⁴³ (Quadro 1).

No Brasil, Previdelli et al.⁴⁴ revisaram o IQD e propuseram o índice de qualidade da dieta revisado (IQDR) à semelhança do HEI-2005. Trata-se de um índice formado por 12 itens, 9 fundamentados nos grupos de alimentos do Guia Alimentar para a População Brasileira de 2006⁴⁵ com porções diárias expressas em densidade energética. Os demais componentes se referem à nutrientes e às calorias provenientes de “gordura sólida, álcool e açúcar de adição” (Quadro 1). Este se configura como o mais atual índice de avaliação da qualidade da dieta de brasileiros.

Porém, em 2013, um novo índice de qualidade da dieta americano foi publicado, o HEI-2010⁴⁶, e contempla as recomendações nutricionais atuais previstas no guia alimentar americano de 2010⁴⁷. À semelhança do HEI-2005, este índice é composto por 12 itens, pontuados de maneira distinta e corrigidos pela energia da dieta. Destaca-se, entretanto, algumas diferenças em relação ao instrumento anterior: o componente “vegetais verde-escuros e alaranjados e leguminosas” foi substituído por “vegetais verdes e leguminosas”; o componente “cereais totais” foi substituído por “cereais refinados” e manteve-se o “cereais integrais”; “carnes, ovos e leguminosas” passaram a ser denominados “alimentos proteicos totais e leguminosas”; foi criado o componente “alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas”; o componente “óleos” foi substituído pelo componente “ácidos graxos”, definido pela razão entre ácidos graxos insaturados e saturados da dieta; o componente “gordura saturada” foi excluído; e o componente “gordura sólida, álcool e açúcar de adição” passou a ser denominado “calorias vazias”⁴⁶ (Quadro 1).

A validade construída e a confiabilidade do HEI-2010 foram avaliadas recentemente. A avaliação de modelos alimentares pelo HEI-2010, tais como os propostos pelo USDA e a dieta DASH (*Dietary Approaches to Stop Hypertension*), resultou em escores próximos à 100, evidenciando que o índice foi capaz de identificar a alta qualidade da dieta preconizada por estes modelos alimentares. Obteve-se ainda a distribuição usual do HEI-2010 em percentis na população americana e o índice se mostrou capaz de diferenciar escores na população e ao longo do tempo. Além disso, grupos populacionais que reconhecidamente apresentam diferenças na qualidade da dieta, por exemplo, homens e mulheres e adultos e idosos, apresentaram distinções na pontuação para o HEI-2010. Todos os componentes do índice apresentaram correlação fraca com a energia da dieta, denotando a capacidade de avaliar a qualidade independentemente da quantidade. Obteve-se α de *Cronbach* igual a 0,68, indicando boa confiabilidade do índice⁴⁸.

No público pediátrico, os índices de avaliação da qualidade da dieta têm sido empregados na avaliação do consumo alimentar desde 1995. Um estudo de revisão sistemática encontrou 119 estudos de avaliação da qualidade da dieta de crianças e adolescentes a partir 80 diferentes índices. Comportamentos alimentares e influências ambientais e maternas se associaram aos escores dos índices. O principal desfecho de saúde relacionado à qualidade da dieta foi o peso corporal⁴⁹.

Estudos de avaliação da qualidade da dieta de crianças e adolescentes brasileiros também têm sido desenvolvidos nos últimos anos. Em geral, os resultados apontam baixa adequação às diretrizes nutricionais sendo as maiores inadequações notadas para frutas, leite e derivados, grãos integrais e vegetais^{50,51,52,53} (Quadro 2).

Ressalta-se, entretanto, que não há estudo de avaliação da qualidade da dieta de crianças brasileiras em idade escolar que tenha utilizado o método multivariado de ajuste da distribuição pela variabilidade intrapessoal da dieta. Acredita-se que o desenvolvimento de estudos que contemplem estes aspectos contribuirá para a VAN e subsidiará ações de intervenção que enfoquem mudanças alimentares para melhorar a qualidade da dieta.

QUADRO 2

Descrição de estudos de avaliação da qualidade da dieta de crianças e adolescentes brasileiros.

Referência	População-alvo	Índice	Principais resultados
Godoy et al. 2006 ⁵⁰	437 adolescentes de 12-19 anos de São Paulo (SP)	IQD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Média do IQD: 58,42 pontos; ▪ Baixa pontuação para “frutas” (2,74), “leite e derivados” (3,82), “hortaliças” (4,13); ▪ Maiores pontuações: “carnes e ovos e leguminosas” (8,79 pontos), “colesterol” (8,14 pontos), “cereais, pães, tubérculos e raízes” (7,73 pontos).
De Assumpção et al. 2012 ⁵¹	409 adolescentes de 12-19 anos de Campinas (SP)	IQD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Média do IQD: 59,7 pontos; ▪ Baixa pontuação para “frutas” (2,81 pontos), “leite e derivados” (3,92 pontos) e “hortaliças” (4,0 pontos); ▪ Maiores pontuações: “carnes, ovos e leguminosas” (9,17 pontos), “colesterol” (7,72 pontos), “cereais, pães, tubérculos e raízes” (7,65 pontos)
Rauber et al. 2014 ⁵²	345 crianças entre 3 e 4 anos e 307 crianças entre 7 e 8 anos de São Leopoldo (RS)	HEI-1995	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Média do HEI-1995 entre crianças com 3-4 anos: 65,7 pontos ▪ Média do HEI-1995 entre crianças de 7-8 anos: 65,0 pontos
Wendpap et al. 2014 ⁵³	Adolescentes de Cuiabá (MT) de 10-14 anos	IQDR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Média do IQDR: 75,1 pontos ▪ Baixa pontuação para “vegetais verdes escuros e alaranjados e leguminosas” (2,7 pontos), “leite e derivados” (5,9 pontos) e “sódio” (4,5 pontos) ▪ Maiores pontuações: “frutas totais” (4,7 pontos), “frutas integrais” (4,7 pontos), “carne, ovos e leguminosas” (9,9 pontos) e “gordura sólida, álcool, açúcar de adição” (18,6 pontos)

Nota: HEI: *Healthy Eating Index*; IQD: Índice de Qualidade da Dieta; IQDR: Índice de Qualidade da Dieta Revisado.

Fonte: Elaborado para fins deste estudo.

2.4 Otimização da dieta para predição de mudanças alimentares

Ações de promoção da alimentação saudável devem objetivar mudanças na ingestão alimentar que favoreçam a adequação nutricional. Para que as mesmas sejam efetivas, devem considerar as preferências alimentares dos sujeitos e a disponibilidade de renda. Sabe-se que os indivíduos possuem maior dificuldade para seguirem um planejamento dietético se as alterações propostas forem divergentes de sua cultura e hábito alimentar^{54,55}.

Com esta finalidade, a programação linear tem sido utilizada para identificar padrões dietéticos ótimos para uma população a partir do consumo alimentar observado, dos nutrientes de interesse e da renda disponível^{54,55}.

A programação linear é uma ferramenta matemática que *otimiza* uma função linear formada a partir de *variáveis de decisão* considerando múltiplas *restrições* lineares. Em um modelo, a função a ser otimizada é denominada função objetivo. Assim, a programação linear visa encontrar um conjunto de variáveis de decisão que geram um valor ótimo para função objetivo enquanto satisfaz todas as restrições impostas⁵⁵.

Exemplos de função objetivo em estudos de otimização da dieta são: energia e custo. Uma pesquisa pode desejar simular uma dieta que respeite uma série de restrições provendo uma quantidade de energia determinada. Outro estudo, por sua vez, pode almejar simular uma dieta de alta qualidade nutricional ao menor custo possível. As variáveis de decisão que deverão compor esses modelos devem ser capazes de expressar a função objetivo e normalmente são representadas por alimentos ou grupos de alimentos^{56,57,58,59,60,61,62,63} (Quadro 3).

Já as restrições impostas aos modelos de programação linear são comumente relacionadas a participação de nutrientes e a quantidade e tipos de alimentos na dieta otimizada em relação ao padrão alimentar observado. No primeiro caso, as restrições são impostas com o intuito de prover adequação dos nutrientes na dieta. No segundo caso, o objetivo é não incluir um alimento pouco consumido na amostra ou incluir uma porção do alimento substancialmente diferente do que a população consome. Essas restrições garantem uma maior chance de que a dieta otimizada seja adotada pelo público-alvo já que desvia pouco do consumo apresentado^{56,57,58,59,60,61,62,63} (Quadro 3).

QUADRO 3

Descrição de estudos de otimização da dieta.

Referência	População	Objetivo	Função objetivo	Variáveis de decisão	Restrições
Darmon et al. 2002 ⁵⁶	Crianças de Malauí (África) de 3 a 6 anos.	Predizer alterações de consumo que ofereçam adequação nutricional desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar a energia da dieta até o valor de necessidade energética média estimada.	Principais alimentos localmente disponíveis (90% do total consumido).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Caloria dos alimentos: P25-P75 da dieta observada; ▪ Peso dos alimentos: < P90 da dieta observada.
Darmon et al. 2002 ⁵⁷	População de Paris maior de 18 anos.	Predizer alterações do consumo alimentar ao menor custo desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar o desvio entre o tamanho das porções de alimentos no modelo otimizado e na dieta observada.	Principais alimentos da dieta observada (90% do total consumido).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: necessidade energética estimada; ▪ Caloria dos alimentos: P10-P90 da dieta observada; ▪ Peso dos alimentos: < P75 da dieta observada; ▪ Custo: inicialmente igual ao custo da dieta observada e em modelos posteriores reduzindo em 0,50 euros.
Ferguson et al. 2004 ⁵⁸	Crianças de Malauí (África) de 3 a 6 anos.	Propor um guia alimentar para o público-alvo que garanta adequação nutricional desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar o desvio entre a participação calórica dos alimentos no modelo otimizado e na dieta observada.	Principais alimentos da dieta observada (90% do total consumido).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: necessidade energética estimada; ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Caloria dos alimentos: P10-P90 da dieta observada; ▪ Peso dos alimentos: < P75 da dieta observada.
Darmon et al. 2006 ⁵⁹	Mulheres francesas maiores de 18 anos.	Predizer alterações do consumo alimentar ao menor custo, garantindo adequação nutricional e desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar o desvio entre a participação calórica dos alimentos no modelo otimizado e na dieta observada.	Principais alimentos da dieta observada (90% do total consumido).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: necessidade energética estimada; ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Caloria dos alimentos: P5-P95 da dieta observada; ▪ Peso dos alimentos: < P75 da dieta observada; ▪ Custo: inicialmente igual ao custo da dieta observada e em modelos posteriores reduzindo em 0,50 euros.

Rambelison et al. 2007 ⁶⁰	População francesa em insegurança alimentar e nutricional.	Predizer alterações na cesta de alimentos doados desviando o mínimo do volume de alimentos usualmente doados.	Minimizar o desvio entre o peso dos alimentos no modelo otimizado e na cesta de alimentos doados.	Alimentos usualmente doados ou com possibilidade de inclusão nas doações.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: necessidade energética estimada; ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Peso dos alimentos: <200% do valor observado ou <500 toneladas para um alimento novo.
Masset et al. 2009 ⁶¹	Funcionários de uma universidade do noroeste pacífico.	Propor planos alimentares para prevenção de câncer desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar o desvio entre o peso dos alimentos no modelo otimizado e na dieta observada.	Alimentos da dieta observada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: caloria média da dieta observada; ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Peso dos alimentos: P5-P90 da dieta observada; ▪ Alimentos e nutrientes específicos: recomendações nutricionais para prevenção de câncer.
Brimblecombe et al. 2013 ⁶²	Aborígenes australianos.	Predizer alterações do consumo alimentar ao menor custo, garantindo adequação nutricional e desviando o mínimo da dieta observada.	Minimizar o custo da dieta.	Alimentos da dieta observada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Peso dos alimentos: 10%-400% da média da dieta observada.
Okubo et al. 2015 ⁶³	Japoneses adultos.	Predizer alterações de consumo que ofereçam adequação nutricional desviando o mínimo da alimentação observada.	Minimizar o desvio entre o peso dos alimentos no modelo otimizado e na dieta observada.	Alimentos da dieta observada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia: necessidade energética estimada; ▪ Nutrientes: recomendação nutricional; ▪ Peso dos alimentos: P5-P95 da dieta observada.

Fonte: Elaborado para fins deste estudo.

Referências bibliográficas

1. Brasil. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Alimentação e Nutrição. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 84p.
2. WHO – World Health Organization. UNICEF – The United Nations Children’s Fund. Department of Child and Adolescent Health and Development. Planning guide for national implementation of the Global Strategy for Infant and Young Child Feeding. 2007. 46p.
3. SBP – Sociedade Brasileira de Pediatria. Departamento de Nutrologia. Manual de orientação para a alimentação do lactente, do pré-escolar, do escolar, do adolescente e na escola. 3 edição. Rio de Janeiro, RJ: SBP, 2012. 148p.
4. Agostoni C, Baselli L, Mazzoni MB. Early nutrition and diseases of childhood: a plausible link? *Eur J Intern Med* 2013; 24(1):5-10.
5. Yang Z, Huffman SL. Nutrition in pregnancy and early childhood and associations with obesity in developing countries. *Matern Child Health* 2013; 9(supl.1):105-119.
6. Martins AP, Levy RB, Claro RM, Mourabac JC, Monteiro CA. Increased contribution of ultra-processed food products in the Brazilian diet (1987-2009). *Rev Saude Publica* 2013; 47(4):656-665.
7. Claro RM, Baraldi LG, Bandoni DH, Levy RB. Trends in spending on eating away from home in Brazil, 2002-2003 to 2008-2009. *Cad Saude Publica* 2014; 30(7):1418-1426.
8. Costa LCF, Vasconcelos FAG, Corso ACT. Fatores associados ao consumo adequado de frutas e hortaliças em escolares de Santa Catarina, Brasil. *Cad Saude Publica* 2012; 28(6):1133-1142.
9. De Assis MAA, Calvo MCM, Kupek E, de Vasconcelos FAG, Campos VC, Machado M, da Costa FF, de Andrade DF. Qualitative analysis of the diet of a probabilistic sample of schoolchildren from Florianopolis, Santa Catarina State, Brazil, using the Previous Day Food Questionnaire. *Cad Saude Publica* 2010; 26(7):1355-1365.
10. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. 2010. 127 p.

11. Sidaner E, Balaban D, Burlandy L. The Brazilian school feeding programme: an example of integrated programme in support of food and nutrition security. *Public Health Nutr* 2013; 16(6):989-994.
12. Brasil. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução nº26 de 17 de junho de 2013. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. 2013. Acesso em: 17 de junho de 2016. Disponível em: <<https://www.fnnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php>>.
13. Brasil. Presidência da República. Decreto nº6.286 de 5 de dezembro de 2007. Institui o Programa Saúde na Escola – PSE, e dá outras providências. Acesso em: 17 de junho de 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6286.htm>.
14. Brasil. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Manual operacional para profissionais de saúde e educação: promoção da alimentação saudável nas escolas. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 152p.
15. Evaristo MM, Macedo NMS, Terra ERB, Fernandes LT, Godoy MF, Viana MLD, Ribeiro TR. Escola Integrada: novos tempos, lugares e modos para aprender. *Pensar BH/Política Social* 2007; 19(out/dez):1-8.
16. Zanirati VF, Lopes ACS, dos Santos LC. Contribuição do turno escolar estendido para o perfil alimentar e de atividade física entre escolares. *Rev Panam Salud Publica* 2014; 35(1):38-45.
17. Jaime PC, da Silva ACF, de Lima AMC, Bortolini GA. Food and nutrition actions in primary healthcare: the experience of Brazilian government. *Rev Nutr* 2011; 24(6):809-824.
18. Brasil. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Orientações para avaliação de marcadores de consumo alimentar na atenção básica. Brasília: Ministério da Saúde 2015. 33p.
19. Malta DC, Leal MC, Lima Costa MF, Morais Neto OL. Inquéritos Nacionais de Saúde: experiência acumulada e proposta para o inquérito de saúde brasileiro. *Rev Bras Epidemiol* 2008; 11(sup11):159-167.
20. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. 2011. 150p.

21. Coutinho JG, Cardoso AJC, Toral N, da Silva ACF, Ubarana JA, de Aquino KKNC, Nilson EAF, Fagundes A, Vasconcellos AB. A organização da Vigilância Alimentar e Nutricional no Sistema Único de Saúde: histórico e desafios atuais. *Rev Bras Epidemiol* 2009; 12(4):688-699.
22. Kirkpatrick SI, Collins CE. Assessment of nutrient intakes: introduction to special issue. *Nutrients* 2016; 8(4):184.
23. Gibson RS. Food consumption of individuals. In: Gibson RS (ed): *Principles of nutritional assessment*. p.37-54. New York Oxford University Press,1990.
24. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health* 2014; 36: e2014009.
25. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. *Dietary reference intakes: application in dietary assessment*. Washington, DC: National Academy Press; 2000. 306p.
26. Carriquiry AL. Estimation of usual intake distributions of nutrients and foods. *J Nutr* 2003; 133(1): 601-608.
27. Dodd KW, Guenther PM, Freedman LS, Subar AF, Kipnis V, Midthune D, Tooze JA, Krebs-Smith SM. Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: a review of the theory. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(10):1640-1650.
28. Laureano GHC, Torman VBL, Crispim SP, Dekkers ALM, Camey SA. Comparison of the ISU, NCI, MSM and SPADE methods for estimating usual intake: a simulation study of nutrients consumed daily. *Nutrients* 2016; 8(3):166.
29. Tooze JA, Kipnis V, Buckman DW, Carroll RJ, Freedman LS, Guenther PM, Krebs-Smith SM, Subar AF, Dodd KW. A mixed-effects model approach for estimating the distribution of usual intake of nutrients: the NCI method. *Stat Med* 2010; 29(27): 2857-2868.
30. Tooze JA, Midthune D, Dodd KW, Freedman LS, Krebs-Smith SM, Subar AF, Guenther PM, Carroll RJ, Kipnis V. A new statistical method for estimating the usual intake of episodically consumed foods with application to their distribution. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(10):1575-1587.
31. Freedman LS, Guenther PM, Dodd KW, Krebs-Smith SM, Midthune D. The population distribution of ratios of usual intakes of dietary components that are consumed every day can be estimated from repeated 24-hour recalls. *J Nutr* 2010; 140(1):111-116.
32. Zhang S, Midthune D, Guenther PM, Krebs-Smith SM, Kipnis V, Dodd KW, Tooze JA, Freedman L, Carroll RJ. A new multivariate measurement error model with zero-inflated

- dietary data and its application to dietary assessment. *Ann Appl Stat* 2011; 5(2B): 1456-1487.
33. Carrol RJ. Estimating the distribution of dietary consumption patterns. *Stat Sci* 2014; 29(1):2-8.
 34. Waijers PM, Feskens EJ, Ocké MC. A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr* 2007; 97(2):219-231.
 35. Kourlaba G, Panagiotakos DB. Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas* 2009; 62(1): 1-8.
 36. Wirt A, Collins CE. Diet quality – what is it and does it matter? *Public Health Nutr* 2009; 12(12):2473-2492.
 37. Alkerwi A. Diet quality concept. *Nutrition* 2014; 30(6): 613-618.
 38. Kennedy ET, Ohls J, Carlos S, Fleming K. The healthy eating index: design and applications. *J Am Diet Assoc* 1995; 95(10): 1103-1108.
 39. Philippi ST, Latterza AR, Cruz ATR, Ribeiro LC. Pirâmide alimentar adaptada: guia para escolha dos alimentos. *Rev Nutr* 1999; 12(1):65-80.
 40. Fisberg RM, Slater B, Barros RR, de Lima FD, Cesar CLG, Carandina L, Barros MBA, Goldbaum M. Healthy eating index: evaluation of adapted version and its applicability. *Rev Nutr* 2004; 17(3): 301-308.
 41. Fransen HP, Ocké MC. Indices of diet quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008; 11(5): 559-565.
 42. De Carvalho KMB, Dutra ES, Pizato N, Gruezo ND, Ito MK. Diet quality assessment indexes. *Rev Nutr* 2014; 27(5): 605-617.
 43. Guenther PM, Reedy J, Krebs-Smith SM. Development of the Healthy Eating Index-2005. *J Am Diet Assoc* 2008; 108(11):1896-1901.
 44. Previdelli AN, Andrade SC, Pires MM, Ferreira SR, Fisberg RM, Marchioni SM. A revised version of the Healthy Eating Index for the Brazilian population. *Rev Saude Publica* 2011; 45(4):794-798.
 45. Brasil. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 210p.
 46. Guenther PM, Casavale KO, Reedy J, Kirkpatrick SI, Hiza HÁ, Kuczynski KJ, Kahle LL, Krebs-Smith SM. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet* 2013; 113(4): 569-580.

47. USDA – United States Department of Agriculture. HHS – United States Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines of Americans. 2010. 7th Edition. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. December 2010. 95p.
48. Guenther PM, Kirkpatrick SI, Reedy J, Krebs-Smith SM, Buckman DW, Dodd KW, Casavale KO, Carroll RJ. 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(3): 399-407.
49. Marshall S, Burrows T, Collins CE. Systematic review of diet quality indices and their associations with health related outcomes in children and adolescents. *J Hum Nutr Diet* 2014; 27(6):577-598.
50. Godoy FC, de Andrade SC, Morimoto JM, Carandina L, Goldbaum M, Barros MBA, Cesar CLG, Fisberg RM. Índice de qualidade da dieta de adolescentes residentes no distrito de Butantã, município de São Paulo, Brasil. *Rev Nutr* 2006; 19(6):663-671.
51. De Assumpção D, Barros MB, Fisberg RM, Carandina L, Goldbaum M, Cesar CL. Diet quality among adolescents: a population-based study in Campinas, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* 2012; 15(3):605-616.
52. Rauber F, da Costa Louzada ML, Vitolo MR. Healthy eating index measures diet quality of Brazilian children of low socioeconomic status. *J Am Coll Nutr* 2014; 33(1):26-31.
53. Wendpap LL, Ferreira MG, Rodrigues PR, Pereira RA, Loureiro A da S, Gonçalves-Silva RM. Adolescents' diet quality and associated factors. *Cad Saude Publica* 2014; 30(1):97-106.
54. Soden PM, Fletcher R. Modifying diets to satisfy nutritional requirements using linear programming. *Br J Nutr* 1992; 68(3): 565-572.
55. Briend A, Darmon N, Ferguson E, Erhardt J. Linear programming: A mathematical tool for analyzing and optimizing children's diets during the complementary feeding period. *JPGN* 2003; 36(1): 12-22.
56. Darmon N, Ferguson E, Briend A. Linear and nonlinear programming to optimize the nutrient density of a population's diet: an example based on diets of preschool children in rural Malawi. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(2):245-253.
57. Darmon N, Ferguson E, Briend A. A cost constraint alone has adverse effects on food selection and nutrient density: an analysis of human diets by linear programming. *J Nutr* 2002; 132(12):3764-3771.

58. Fergunson EL, Darmon N, Briend A, Premachandra IM. Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis. *J Nutr* 2004; 134(4):951-957.
59. Darmon N, Ferguson E, Briend A. Impact of a cost constraint on nutritionally adequate food choices for French women: an analysis by linear programming. *J Nutr Educ Behav* 2006; 38(2):82-90.
60. Rabeloson ZJ, Darmon N, Ferguson EL. Linear programming can help identify practical solutions to improve the nutritional quality of food aid. *Public Health Nutr* 2007; 11(4):395-404.
61. Masset G, Monsivais P, Maillot M, Darmon N, Drewnovski A. Diet optimization methods can translate dietary guidelines into a cancer prevention food plan. *J Nutr* 2009; 139(8): 1541-1548.
62. Brimblecombe J, Ferguson M, Liberato SC, O'Dea K, Riley M. Optimization modelling to assess cost of dietary improvement in remote aboriginal Australia. *PLoS One* 2013; 8(12):383587.
63. Okubo H, Sasaki S, Murakami K, Yokoyama T, Hirota N, Notsu A, Fukui M, Date C. Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models. *Nutr J* 2015; 14(1):57.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da dieta de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais, e propor a sua otimização.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da dieta habitual de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais, por meio do HEI-2010.
- Propor a otimização da qualidade da dieta de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais, pela programação linear, desviando o mínimo do consumo alimentar observado e garantindo o atendimento das necessidades nutricionais.

MÉTODOS

4. MÉTODOS

4.1. Apresentação do estudo

Trata-se de estudo transversal realizado com crianças do quarto ano do ensino fundamental de escolas municipais de Belo Horizonte, Minas Gerais, entre março de 2013 a agosto de 2015. Nesta cidade, todas as escolas municipais são participantes do PEI.

Belo Horizonte possui 331,4 km² de área territorial dividida em 9 regionais administrativas (Figura 1). A população é de 2.375.151 habitantes com rendimento mensal *per capita* de R\$765,00. Em 2010, o índice de desenvolvimento humano obtido foi de 0,810.

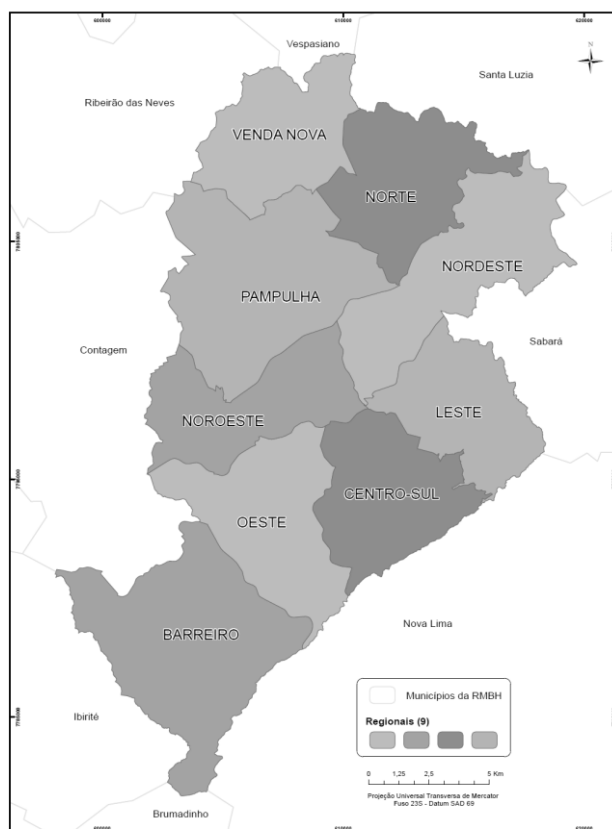


FIGURA 1 - Divisão das regionais administrativas de Belo Horizonte/MG.

Fonte: Belo Horizonte¹.

O presente estudo constitui a primeira fase de um projeto de intervenção intitulado “Ações integradas de educação alimentar e nutricional em unidades educacionais municipais: promoção de saúde e da segurança alimentar e nutricional”, que tem a parceria da Secretaria Municipal de Educação e da Secretaria Municipal Adjunta de Segurança Alimentar e Nutricional da Prefeitura de Belo Horizonte. O Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (Edital Universal Chamada MCTI/CNPq N°14/2013) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Edital Apoio a Projetos de Extensão em Interface com a Pesquisa N°07/2013) prestam auxílio financeiro ao projeto.

4.2 População em estudo

Escolas municipais das 9 regionais administrativas de Belo Horizonte foram aleatoriamente selecionadas a integrarem o estudo. O número de escolas participantes foi definido de acordo com o número de crianças matriculadas em cada regional administrativa do município ao início de 2013 (Quadro 4). O critério de exclusão à amostra adotado foi a presença de comprometimento mental referida pela coordenação pedagógica das escolas que inviabilizasse o relato da criança.

A partir destes critérios, 1.599 crianças foram convidadas a participar do estudo. Dessas, 185 (11,6%) não estavam presentes no dia da coleta de dados e 53 (3,3%) apresentaram dificuldade em referir o consumo alimentar e foram consideradas perda de dados, 4 (0,3%) se recusaram a participar do estudo. Assim, a amostra final contemplou 1.357 crianças (Quadro 4). Este número representa a maior amostra possível ($n=1.067$) para se obter 50% do escore do HEI-2010, 3% de erro de estimativa e 5% de significância ($\alpha=0,05$).

QUADRO 4

População elegível, amostra selecionada e amostra do estudo, segundo regionais administrativas. Belo Horizonte/MG, 2013.

Regional	População elegível		Amostra selecionada		Amostra do estudo	
	Alunos (n)	Participação (%)	Alunos (n)	Participação (%)	Alunos (n)	Participação (%)
Barreiro	2.043	12,58	167	10,44	139	10,24
Centro Sul	1.477	9,09	162	10,13	138	10,17
Leste	1.128	6,94	110	6,88	96	7,07
Oeste	1.508	9,28	239	14,95	189	13,93
Nordeste	2.876	17,71	214	13,38	188	13,85
Noroeste	1.315	8,09	161	10,07	145	10,69
Norte	1.802	11,09	154	9,63	131	9,65
Pampulha	1.970	12,13	197	12,32	171	12,60
Venda Nova	2.119	13,05	195	12,20	160	11,79
Total	16.237	100,00	1.599	100,00	1.357	100,00

Fonte: Elaborado para fins deste estudo.

4.3 Coleta de dados

A coleta de dados contemplou dados de identificação, de antropometria e de consumo alimentar das crianças (Apêndice 1).

As informações de identificação (sexo, idade e endereço) foram obtidas por meio do registro escolar da criança.

A avaliação antropométrica incluiu aferição do peso e da estatura conforme as técnicas preconizadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS)². Para aferição do peso utilizou-se balança digital da marca Marte[®], modelo LC 200 PS, com capacidade de 200 kg e precisão de 50 g. A estatura foi mensurada com uma única tomada em estadiômetro portátil, marca AlturExata[®], com capacidade para 220 cm e precisão de 0,5 cm.

Para coleta de dados de consumo alimentar, todas as crianças responderam um R24, contemplando dias de semana e de fins de semana. Em uma subamostra outro R24 foi aplicado (n=524; 39,5%), viabilizando a avaliação da dieta habitual e também considerando dias de semana e de fins de semana. Os dois R24 eram não consecutivos e avaliados com intervalo máximo de 7 dias. As crianças referiram todos os alimentos e bebidas ingeridos no dia anterior à entrevista, detalhando as quantidades consumidas e os métodos de cocção empregados. Medidas caseiras reais comumente utilizadas na alimentação (exemplos: copos, colheres) foram apresentadas às crianças, visando favorecer o relato mais preciso das quantidades de alimentos consumidas.

Além disso, investigou-se o consumo das refeições ofertadas na escola. Para tal, as crianças foram questionadas se consumiam pelo menos 3 vezes por semana a alimentação escolar. Em caso positivo, elas eram perguntadas quanto ao número de refeições consumidas diariamente. A partir disso, a amostra foi classificada quanto ao número diário de consumo de refeições escolares em: zero, um, dois e três.

A coleta dos dados foi realizada por nutricionistas e graduandos em Nutrição da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Os entrevistadores foram treinados previamente ao início do estudo pelos pesquisadores do projeto. Todas as medidas coletadas foram padronizadas e descritas em um manual de instrução para coleta de dados do projeto.

4.4 Tratamento e análise dos dados

4.4.1 Avaliação da vulnerabilidade da saúde

A partir dos dados de endereço das crianças, foi possível verificar a condição de vulnerabilidade da saúde da região onde as mesmas residem e essa informação foi adotada como uma *proxy* das condições socioeconômicas e de vida da família. Com a informação do código de endereçamento postal (CEP) identificou-se o bairro de residência das crianças e o valor do índice de vulnerabilidade da saúde (IVS) estimado para aquela região em 2012³.

O IVS-2012 foi proposto pela Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte e classifica as condições de vida dos residentes do município pelas dimensões: saneamento e nível socioeconômico. A partir do cálculo do IVS os setores censitários onde residem as crianças foram classificados quanto ao risco de vulnerabilidade social em médio, baixo, elevado e muito elevado³.

4.4.2 Avaliação do estado nutricional

Os dados de peso e estatura permitiram o cálculo do índice estatura-por-idade e do índice de massa corporal (IMC)-por-idade, classificados em escore-z segundo o SISVAN⁴ a partir das curvas de crescimento da OMS⁵. Neste estudo as crianças foram categorizadas quanto ao IMC-por-idade em: baixo peso (escore-z \leq -2), eutrofia (escore-z $>$ -2 e escore-z $<$ +1), sobrepeso (escore-z \geq +1 e escore-z $<$ +2) e obesidade (escore-z \geq +2) e quanto ao índice estatura-por-idade em: baixa estatura (escore-z \leq -2) e estatura adequada (escore-z $>$ -2)⁴.

4.4.3 Avaliação do consumo de alimentos em peso e em composição nutricional

Os dados de consumo de alimentos referidos pelas crianças em medidas caseiras durante a aplicação do R24 foram transformados em medidas de peso (grama) e em seguida associados às respectivas informações de composição nutricional, segundo metodologia proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁶ para tratamento dos dados de consumo alimentar pessoal da POF 2008/2009.

4.4.4 Avaliação da qualidade usual da dieta

A partir das informações de consumo alimentar em nutrientes, prosseguiu-se para avaliação da qualidade da dieta. O índice utilizado foi o HEI-2010, formado por 12 componentes - 9 de adequação: “frutas totais”; “frutas integrais”; “vegetais totais e leguminosas”; “vegetais verdes e leguminosas”; “grãos integrais”; “leite e derivados”; “alimentos proteicos totais e leguminosas”; “alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas” e “ácidos graxos”; e 3 de moderação: “grãos refinados”; “sódio” e; “calorias vazias”⁷ (Quadro 5).

Os componentes do HEI-2010 são avaliados conforme sua participação na dieta. Cada componente é pontuado em zero, 5, 10 ou 20 pontos, sendo os valores intermediários calculados na proporção em que os alimentos ou nutrientes são consumidos. Destaca-se que a pontuação máxima a ser obtida com o HEI-2010 é 100 pontos e que quanto maior o escore, melhor a qualidade da dieta⁷ (Quadro 5).

Algumas particularidades relacionadas ao HEI-2010 cabem ser destacadas. Uma delas é a contabilização das frutas totais e das frutas integrais (excluindo-se os sucos de frutas) em dois componentes distintos, dando maior destaque ao consumo de frutas integrais para a avaliação da qualidade da dieta. Similarmente, a avaliação da ingestão de hortaliças se faz tanto pela participação da totalidade desses alimentos na dieta, como pela participação isolada de vegetais verdes, cuja ingestão pela população americana está aquém das recomendações⁷.

O HEI-2010 avalia ainda o conteúdo de lácteos na dieta e de bebidas à base de soja enriquecidas com cálcio no componente de adequação “leite e derivados”. Pelo fato de os lácteos de origem animal que integram este grupo (leite, iogurte e queijos) serem fontes de gordura saturada e de açúcar (no caso das bebidas lácteas adoçadas), apenas a fração magra e isenta de açúcar de adição é pontuada neste grupo. Da mesma forma, o componente “alimentos proteicos totais e leguminosas” que inclui as carnes (de boi, de porco e de aves) e os ovos é pontuado desconsiderando a fração de gordura saturada presente nestes alimentos⁷.

Além disso, o HEI-2010 divide os alimentos proteicos da dieta (carnes, ovos, frutos do mar e proteínas vegetais) em dois componentes: “alimentos proteicos totais e leguminosas” e “alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas”. Este segundo inclui qualquer tipo de frutos do mar, nozes, castanhas, sementes, alimentos à base de soja (exceto bebidas) e leguminosas e garante que a alimentação vegetariana também seja avaliada com escore máximo do HEI-2010. Destaca-se ainda que este componente ao incluir peixes e frutos do mar também avalia o aporte de ácidos graxos ômega-3 da dieta⁷.

Outra particularidade do HEI-2010 é a contabilização das leguminosas nos componentes relacionados aos alimentos proteicos (carnes, ovos, frutos do mar) e aos vegetais. Isso decorre do fato de as leguminosas se caracterizarem como importantes fontes de proteína, ferro e zinco, similarmente aos alimentos proteicos, além de conterem fibras dietéticas, folato e potássio, à semelhança dos vegetais. A pontuação do componente “alimentos proteicos totais e leguminosas” é estimada somando-se, inicialmente, o consumo em grama das carnes e ovos na dieta. Em seguida, adiciona-se a participação das leguminosas até completar 70,9 g/1.000 kcal, referente ao critério de pontuação máxima do componente “alimentos proteicos totais e leguminosas”. Essa mesma quantidade de leguminosas (em gramas) é adicionada ao componente “alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas”. Se após a computação das leguminosas nesses dois grupos, ainda houver excedente de consumo, este é computado simultaneamente nos componentes “vegetais totais e leguminosas” e “vegetais verdes e leguminosas”⁷.

Por fim, cabe falar do componente “calorias vazias” que inclui a fração de gordura sólida da dieta (gordura saturada e *trans*), açúcar de adição e álcool. Deste modo, o conteúdo de gordura saturada e de açúcar de adição que foi excluído da pontuação dos componentes de adequação “leite e derivados” e “alimentos proteicos totais e leguminosas” é pontuado neste componente de moderação. O álcool só é pontuado quando o seu consumo excede 13 gramas/1.000 kcal, nível de ingestão considerado moderado⁷.

QUADRO 5

Healthy Eating Index-2010: componentes e critérios para pontuação.

Componente	Pontos máximos	Critério para pontuação máxima	Critério para pontuação mínima (0)
<i>Adequação^a</i>			
Frutas totais ^b	5	≥ 0,8 copos equivalentes/1.000 kcal	Não consumo
Frutas integrais ^c	5	≥ 0,4 copos equivalentes/1.000 kcal	Não consumo
Vegetais totais e leguminosas ^d	5	≥ 1,1 copos equivalentes/1.000 kcal	Não consumo
Vegetais verdes e leguminosas ^e	5	≥ 0,2 copos equivalentes/1.000 kcal	Não consumo
Grãos integrais	10	≥ 42,5 g/1.000 kcal	Não consumo
Leite e derivados ^f	10	≥ 1,3 copos equivalentes/1.000 kcal	Não consumo
Alimentos proteicos totais e leguminosas ^g	5	≥ 70,9 g/1.000 kcal	Não consumo
Alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas ^h	5	≥ 22,7 g/1.000 kcal	Não consumo
Ácidos graxos ⁱ	10	AGP + AGM/AGS ≥ 2,5	AGP + AGM/AGS ≤ 1,2
<i>Moderação^j</i>			
Grãos refinados	10	≤ 51,0 g/1.000 kcal	≥ 121,9 g/1.000 kcal
Sódio	10	≤ 1.100 mg/1.000 kcal	≥ 2.000 mg/1.000 kcal
Calorias vazias ^k	20	≤ 19% energia	≥ 50% da energia

AGM: ácidos graxos monoinsaturados, AGP: ácidos graxos poliinsaturados; AGS: ácidos graxos saturados.

^a Quanto maior o consumo do item, maior a pontuação.

^b Inclui todas as fontes de frutas da dieta, incluindo os sucos.

^c Inclui as fontes de frutas da dieta, exceto os sucos.

^d Inclui todas as fontes de verduras e legumes da dieta, inclusive as leguminosas que não foram computadas no grupo “alimentos proteicos totais e leguminosas”.

^e Inclui todas as fontes de verduras e legumes de coloração verde da dieta, além das leguminosas que não foram computadas no grupo “alimentos proteicos totais e leguminosas”.

^f Inclui todas as fontes de leite e derivados da dieta e as bebidas à base de soja fortificadas com cálcio. Porém, para os alimentos de origem animal, exclui-se a participação de gordura saturada e açúcar de adição para contabilização do escore.

^g Inclui a fração magra (exclui-se o peso da gordura saturada) das carnes, aves e ovos para contabilização do escore. Frutos do mar são considerados integralmente. Leguminosas são contabilizadas quando a pontuação máxima deste componente não é alcançada com as carnes, aves, ovos e frutos do mar. Neste caso, contabiliza-se o suficiente para alcançar esta pontuação e o excedente é pontuado simultaneamente nos grupos “vegetais totais e leguminosas” e “vegetais verdes e leguminosas”.

^h Considera-se qualquer tipo de frutos do mar, nozes, castanhas, sementes, alimentos à base de soja (exceto bebidas) e leguminosas. Para estas últimas, considera-se a fração pontuada no componente “alimentos proteicos totais e leguminosas”.

ⁱ Razão entre o total de ácidos graxos insaturados e os ácidos graxos saturados da dieta.

^j Quanto maior o consumo do item, menor a pontuação.

^k Calorias oriundas das gorduras sólidas, álcool e açúcar de adição. O álcool somente é considerado quando a ingestão for maior que 13 g/ 1.000 kcal.

Fonte: Guenther et al⁷.

Para ajuste da qualidade da dieta pela variabilidade intrapessoal utilizou-se o modelo de múltiplos componentes dietéticos para estimativa da ingestão habitual proposto por Zhang et al.⁸. Trata-se de um modelo não linear para dados com zero inflacionados que utiliza o algoritmo de Markov Chain Monte Carlo para estimativa do escore do HEI-2005. Esta estatística foi adaptada para o HEI-2010 e implementada em macros do SAS (*Statistical Analysis System*), disponibilizadas pelo *National Cancer Institute* (NCI) em seu *website*⁹.

A análise da qualidade da dieta habitual das crianças foi realizada utilizando a rotina estatística disponibilizada pelo NCI e adaptada para o presente banco de dados com o auxílio do software SAS (versão 9.4). Os resultados estão apresentados em média, percentis de distribuição (10, 25, 50, 75 e 90) e percentual de adequação (percentual da amostra que atingiu a pontuação máxima para um dado componente ou para o escore do HEI-2010) para amostra total e em média segundo o sexo, risco de vulnerabilidade à saúde e consumo de refeições escolares.

4.4.5 Otimização da qualidade da dieta

A modelagem de otimização da dieta pela programação linear objetiva otimizar uma função linear composta por variáveis de decisão respeitando múltiplas restrições¹⁰. No presente estudo, o modelo de otimização da dieta empregado almejou garantir um padrão alimentar de alta qualidade respeitando as necessidades energéticas e os hábitos alimentares das crianças, garantindo, ao mesmo tempo, adequação nutricional (Quadro 6).

QUADRO 6

Descrição do modelo de otimização. Belo Horizonte/MG, 2016.

Função objetivo	▪ Energia da dieta = necessidade energética média estimada ¹ .
Variáveis de decisão	▪ Principais itens alimentares consumidos pelas crianças (os 90% mais frequentes).
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Participação dos componentes do HEI-2010 para alcance de 80% do escore máximo; ▪ Quantidade dos alimentos (em grama) em relação à sua participação na dieta das crianças e considerando o seu nível de processamento industrial; ▪ Conteúdo de macro e micronutrientes para alcançar as recomendações nutricionais².

¹Institute of Medicine¹¹.

²Institute of Medicine^{12,13} e Organização Mundial de Saúde¹⁴.

A necessidade energética média na amostra foi estimada a partir das fórmulas de *Estimated Energy Requirement* (EER) propostas pelo *Institute of Medicine* considerando o sexo, idade, nível atividade física, peso, altura e estado nutricional das crianças¹¹. Essa informação foi utilizada no modelo de otimização na definição da função objetivo.

Já as variáveis de decisão do modelo contemplaram os principais alimentos consumidos pelas crianças. Para isso, obteve-se a frequência relativa de consumo de todos os alimentos em ordem decrescente e foram incluídos ao modelo aqueles que responderam por 90% da frequência. Objetivou-se, assim, selecionar os alimentos habitualmente consumidos na amostra (Quadro 7).

Restrições foram impostas ao modelo quanto à participação dos componentes do HEI-2010. A elevada qualidade da dieta foi assegurada pelo escore do HEI-2010 igual ou superior a 80¹⁵ e cada componente foi pontuado em pelo menos 80% do seu escore total (Quadro 8).

QUADRO 7

Principais alimentos consumidos na amostra e sua classificação em moderação e adequação. Belo Horizonte/MG, 2016.

Alimentos	Dieta observada				Classificação do alimento
	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)	Média (g)	Energia (kcal)	
Açúcar	1.505	6,16	16,94	65,56	Moderação
Arroz	1.315	5,38	152,98	207,50	Adequação
Feijão	1.258	5,15	235,35	229,23	Adequação
Pão não industrializado	1.136	4,65	50,95	152,88	Adequação
Leite integral	1.112	4,55	168,53	57,56	Adequação
Biscoitos (recheados e não recheados)	1.028	4,21	30,88	145,71	Moderação
Carne bovina	987	4,04	49,16	97,83	Adequação
Carne de frango	766	3,14	37,07	88,60	Adequação
Farinhas (trigo, milho, mandioca)	732	3,00	14,26	51,34	Adequação
Suco em pó	731	2,99	121,08	18,50	Moderação
Ovos	663	2,71	11,85	19,46	Adequação
Achocolatado em pó	662	2,71	11,45	45,80	Moderação
Tomate	644	2,64	24,51	4,41	Adequação
Café	595	2,44	45,18	0,45	Adequação
Alface	594	2,43	10,30	1,55	Adequação
Margarina	586	2,40	4,22	30,44	Moderação

Refrigerante	521	2,13	77,76	28,69	Moderação
Manteiga	493	2,02	4,94	35,40	Moderação
Óleo	466	1,91	2,05	18,04	Moderação
Batata	459	1,88	24,61	47,71	Adequação
Macarrão	410	1,68	33,27	52,76	Adequação
Molho de tomate	379	1,55	6,70	1,60	Moderação
Salsicha/linguiça	370	1,52	10,55	41,60	Moderação
Presunto	352	1,44	6,47	14,53	Moderação
Cenoura	331	1,36	6,29	2,32	Adequação
Doces	308	1,26	2,19	8,56	Moderação
Maçã	250	1,02	25,57	13,30	Adequação
Mozarela	232	0,95	4,51	14,34	Moderação
Suco de laranja	227	0,93	28,15	13,23	Adequação
Carne de porco	218	0,89	17,55	58,07	Adequação
Banana	186	0,76	10,16	9,04	Adequação
Iogurte	182	0,75	14,83	14,64	Moderação
Queijo branco	164	0,67	4,02	9,65	Adequação
Creme de leite	163	0,67	3,60	10,52	Moderação
Salgadinho industrializado	157	0,64	5,36	29,95	Moderação
Milho verde enlatado	156	0,64	1,18	0,96	Adequação
Suco de limão	151	0,62	19,18	5,75	Adequação
Repolho	144	0,59	2,51	0,72	Adequação
Couve	135	0,55	4,19	1,84	Adequação
Chocolate	133	0,54	2,66	14,23	Moderação
Suco de banana	130	0,53	13,39	11,92	Adequação
Pão industrializado	124	0,51	4,19	11,07	Moderação
Maionese	107	0,44	1,27	3,36	Moderação
Laranja	103	0,42	9,84	4,62	Adequação
Suco de maracujá	93	0,38	12,06	11,70	Adequação
Beterraba	91	0,37	2,37	0,96	Adequação
Leite condensado	84	0,34	2,39	0,75	Moderação
Bacon	81	0,33	0,50	2,70	Moderação
Batata palha	81	0,33	1,24	6,77	Moderação
Hambúrguer	69	0,28	2,40	5,70	Moderação
Requeijão	67	0,27	0,71	1,62	Moderação

Fonte: elaborado para este estudo.

QUADRO 8

Restrições impostas aos componentes do *Healthy Eating Index-2010* no modelo de otimização da qualidade da dieta.

Belo Horizonte/MG, 2016.

Componente	Critério para 80% do escore máximo
Frutas totais (copos equivalentes/1.000 kcal)	$\geq 0,64$
Frutas integrais (copos equivalentes/1.000 kcal)	0,32
Vegetais totais e leguminosas (copos equivalentes/1.000 kcal)	0,88
Vegetais verdes e leguminosas (copos equivalentes/1.000 kcal)	0,16
Grãos integrais (g/1.000 kcal)	34,02
Leite e derivados (copos equivalentes/1.000 kcal)	1,04
Alimentos proteicos totais e leguminosas (g/1.000 kcal)	56,69
Alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas (g/1.000 kcal)	18,14
Ácidos graxos (ácidos graxos insaturados/ácidos graxos saturados)	$\geq 2,24$
Grãos refinados (g/1.000 kcal)	$\leq 65,20$
Sódio (mg/1.000 kcal)	$\leq 1.280,00$
Calorias vazias (%)	$\leq 25,20$

Fonte: elaborado para este estudo.

Restrições também foram impostas ao modelo de otimização da dieta quanto à participação dos alimentos em grama. Neste sentido, alimentos *in natura* e processados (Quadro 7) foram definidos como alimentos de adequação e tiveram as suas quantidades de consumo no modelo otimizado mantidas constantes ou aumentadas até que fosse possível adequar os componentes “frutas totais”, “frutas integrais”, “vegetais totais e leguminosas”, “vegetais verdes e leguminosas”, “grãos integrais”, “leite e derivados”, “alimentos proteicos totais e leguminosas”, “alimentos proteicos vegetais e frutos do mar e leguminosas” e “ácidos graxos”. Já os produtos ultraprocessados e os ingredientes culinários foram classificados como componentes de moderação (Quadro 7) e suas quantidades permaneceram constantes ou foram reduzidas no modelo até que o critério para 80% do escore total de “grãos refinados”, “sódio” e “calorias vazias” fosse alcançado. Destaca-se que a classificação dos alimentos segundo o seu nível de processamento industrial foi pautada em Monteiro et al.¹⁶.

Por fim restrições foram impostas ao modelo de otimização da dieta quanto ao conteúdo de macro e micronutrientes com o objetivo de se alcançar adequação nutricional. Valores mínimo e máximo de participação dos nutrientes foram definidos de acordo com as indicações do *Institute of Medicine*^{11,12,13} e da OMS¹⁴. No caso dos micronutrientes, o mínimo estimado foi o

valor da *Estimated Average Requirement* (EAR) e o máximo estimado o *Tolerable Upper Intake Level* (UL) (Quadro 9).

QUADRO 9

Restrições impostas ao conteúdo de nutrientes no modelo de otimização da qualidade da dieta. Belo Horizonte/MG, 2016.

Componente da dieta	Mínimo	Máximo
<i>Macronutrientes</i>		
Carboidratos (%) ¹	45,0	65,0
Fibras (g) ¹	31,0	-
Proteínas (%) ¹	10,0	30,0
Gorduras (%) ¹	25,0	35,0
Gorduras poliinsaturadas (%) ²	11,0	-
Gorduras saturadas (%) ²	-	8,0
Gorduras <i>trans</i> (%) ²	-	1,0
Colesterol (mg) ¹	-	300,0
<i>Micronutrientes</i>		
Sódio (mg)	-	2.300,0
Cálcio (mg) ³	1.100,0	2.500,0
Magnésio (mg) ³	200,0	350,0
Ferro (mg) ³	5,9	40,0
Zinco (mg) ³	7,0	23,0
Vitamina C (mg) ³	39,0	1.200,0
Vitamina A (mcg) ³	445,0	1.700,0

¹*Institute of Medicine*¹¹.

²Organização Mundial da Saúde¹⁴.

³*Institute of Medicine*^{12,13}.

As análises de programação linear foram realizadas com o auxílio do *Microsoft Excel Solver software* (*Frontline Systems Inc, Incline Village, NV*). A participação dos componentes do HEI-2010 e o conteúdo nutricional da dieta otimizada foram comparados aos resultados da dieta observada das crianças.

4.5 Aspectos éticos

O estudo atendeu aos preceitos éticos da Resolução 466/2012 e todos os responsáveis legais pelas crianças que compuseram a população alvo foram informados acerca dos objetivos e riscos envolvidos com a pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 2) autorizando a participação da criança. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE 00734412.0.0000.5149) (Anexo).

Referências bibliográficas

1. Belo Horizonte. Regiões administrativas. 2011. Disponível em: <<http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/estrutura-territorial/regioes-administrativas>>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.
2. WHO - World Health Organization. Physical status: The use and Interpretation of Anthropometry. Technical Report Series 854. Geneva; 1995. 452p.
3. Belo Horizonte. Índice de Vulnerabilidade da Saúde 2012. 2013. Disponível em: <portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download...ivsauce-risco2012.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2016.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Orientações para coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN). Brasília: MS, 2011. 76p.
5. WHO - World Health Organization. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. Bull World Health Organ 2007; 85(9):660-667.
6. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. 2011. 150p.

7. Guenther PM, Casavale KO, Reedy J, Kirkpatrick SI, Hiza HÁ, Kuczynski KJ, Kahle LL, Krebs-Smith SM. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet* 2013; 113(4): 569-580.
8. Zhang S, Midthune D, Guenther PM, Krebs-Smith SM, Kipnis V, Dodd KW, Tooze JA, Freedman L, Carroll RJ. A new multivariate measurement error model with zero-inflated dietary data and its application to dietary assessment. *Ann Appl Stat.* 2011; 5(2B): 1456-1487.
9. NCI – National Cancer Institute. Usual dietary intakes: SAS macros for the NCI method. 2013. Disponível em: <http://appliedresearch.cancer.gov/diet/usualintakes/macros.html>. Acesso em: 13 de julho de 2015.
10. Briend A, Darmon N, Ferguson E, Erhardt J. Linear programming: A mathematical tool for analyzing and optimizing children’s diets during the complementary feeding period. *JPGN* 2003; 36(1): 12-22.
11. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington, DC: National Academy Press; 2005. 1.357p.
12. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. Washington, DC: National Academy Press; 2006. 1.344p.
13. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington, DC: National Academy Press; 2011. 1.132 p.
14. WHO – World Health Organization. Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. Geneva, 2010. 166p.
15. Basiotis PP, Carlson A, Gerrior SA, Juan WY, Lino M. The Healthy Eating Index: 1999-2000. US Department of Agriculture, center for Nutrition Policy and Promotion. 2002. 30p.
16. Monteiro CA, Levy RB, Claro RM, Castro IR, Cannon G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad Saude Publica* 2010; 26(11):2039-49.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Artigo 1

Título: Usual diet quality among 9- to 10- year-old children of a Brazilian city measured by the Healthy Eating Index 2010

Revista pretendida: Journal of Academy of Nutrition and Dietetics.

**Usual diet quality among 9- to 10- year-old children of a Brazilian city measured by the
Healthy Eating Index 2010**

Authors: Paula Martins Horta, Eliseu Verly Júnior, Luana Caroline dos Santos

Paula Martins Horta, PhD (*corresponding author*)

Department of Nutrition, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Avenida Professor Alfredo Balena, 190, 3º Andar, Sala: 324. Santa Efigênia. 30130-100. Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: paulamhorta@gmail.com

Eliseu Verly Júnior, PhD

Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Rua São Francisco Xavier, 524, 7º Andar, Bloco E. 20550-900. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: eliseujunior@gmail.com

Luana Caroline dos Santos, PhD

Department of Nutrition, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Avenida Professor Alfredo Balena, 190, 3º Andar, Sala: 324. Santa Efigênia. 30130-100. Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: luanacstos@gmail.com

Keywords: children, diet quality, healthy eating index, nutrition assessment, school.

Abstract word count (up to 300): 293

Main text word count - brief original research (2,500-3,000): 2,880

Abstract

Background: Nutritional surveys are important sources of information for public policy in food and nutrition field. Because health outcomes result from the long-run intake, the interest is in assessing usual dietary patterns.

Objective: to evaluate usual diet quality among 9- to 10-year-old Brazilian children.

Design: A descriptive study. Data collection was realized between 2013 March and August 2015. Children information regarding sex, social vulnerability risk and consumption of meals offered by the school was assessed. One 24-hour dietary record (24HR) was collected for the whole sample and two 24HR of two non-consecutive days of the same week for a subsample.

Participants/setting: 9- to-10-year-old children (n=1,357) from public schools from all administrative regionals of a Brazilian city.

Main outcome measures: usual Healthy Eating Index-2010 (HEI-2010) components and total score.

Statistical analyses performed: a multipart, nonlinear mixed model with correlated random effects to produce distributions of diet quality usual intake.

Results: The HEI-2010 total score was 55.08. Children with poorer diet quality (<10th) scored less than 44.72 and children with higher diet quality (>90th) scored more than 65.22. The HEI-2010 components of higher adequacy (achievement of the maximum score) were: total protein foods (96.07%) and beans and greens (78.88%). The components' scores that most deviated from the reference values were: refined grains, fatty acids, dairy and sodium. All of them presented less than 1% of adequacy. There were no substantial differences in diet quality score (about 2-3 points) among categories of sex, social vulnerability risk and school meals consumption.

Conclusions: the usual diet quality distribution evaluation of 9- to 10-year-old Brazilian children adjusted for measurement error presented inadequacies and these results can be used to plan and develop actions in the school environment in order to promote healthy eating practices and adequacies in meals menu.

Introduction

Unhealthy eating habits during childhood can negatively impact on children's growth and development and is a risk factor for nutritional deficiencies and non-communicable diseases occurrence^{1,2}. Assessing food consumption in this life stage can contribute to public policies related to school environment, such as offering high quality school meals, developing nutritional education activities and monitoring food consumption in school over time^{3,4}.

As nutrients and food are not consumed in isolation, nutritional assessments should focus on dietary patterns. Diet quality index composed by multiple interrelated dietary components are valuable instruments that can be used to investigate dietary patterns^{5,6}.

One of the main indices used for diet quality evaluation is the Healthy Eating Index (HEI). This instrument is a measure of diet quality in terms of conformance to the Dietary Guidelines for Americans (DGA) and corroborates health organism's recommendations and the current literature regarding nutrition and health. The most recent HEI was published in 2013 in accordance to 2010 DGA. It is composed by 12 items: total fruit, whole fruit, total vegetables, greens and beans, whole grains, dairy, total protein foods, seafood and plant proteins, fatty acids, refined grains, sodium, and empty calories. Each component has a minimum score of 0 and a maximum score of 5, 10 or 20. The total HEI-2010 score ranges from 0 to 100, with higher scores indicating higher diet quality⁷.

In the last years, studies conducted with Brazilian pediatric public have focused on diet quality indexes to characterize dietary patterns^{8,9,10,11}. In general, these studies indicated poor compliance with dietary guidelines and higher inadequacies were found for fruits, dairy, whole grain and vegetables^{8,9,10,11}.

To obtain food intake data and proceed to diet quality evaluation, researchers usually rely on 24-hour dietary recalls (24HR), a method that captures recent diet and doesn't account for the day to day variability (also known as within-person variability). However, nutritional surveys are interested in the long-run food intake, once nutrients can be stored in the body, making unnecessary to achieve nutrient and food intake recommendations every day^{12,13,14}.

A way to overcome this difficulty and improve accuracy in 24HR is collecting repeated dietary recalls, which can be infeasible in large samples studies. Other option is to collect a second dietary recall in a subsample and to remove the effect of within-person variance in the distribution using proper statistical modelling^{13,15,16}.

Until recently, it was impossible to estimate usual diet quality adjusted by measurement error because multivariate models for usual intake that consider the interrelation between dietary components in diet quality indexes weren't available. In 2011, Zhang et al.¹⁷ built a novel multivariate measurement error model for estimating the distributions of usual intakes that applied to HEI-2010¹⁸.

The present study aims to evaluate diet quality adjusted for measurement error among 9- to 10-year-old children of a Brazilian city measured by the HEI-2010. This is the first study to evaluate Brazilian children's diet quality corrected by the within-person variation and we believe our results can contribute to the nutrition policy field and guide nutritional interventions that aims to improve diet quality in school environment.

Materials and methods

This is a descriptive study conducted with 9- to 10-year-old children from Belo Horizonte, Brazil. Belo Horizonte is the capital city of the state of Minas Gerais and has 2,375,151 inhabitants and 331.4 km² of land area. Municipal schools from all the nine administrative regional municipality were randomly selected and invited to participate in the study. All of them were full day schools and offered three meals a day (breakfast, lunch and snack). The number of schools and classes of children selected to participate in the study was defined according to the number of children in each regional municipality. Exclusion criteria comprised children with mental impairment.

In accordance to our sample definition criteria, 1,599 children were invited to participate in the study. Of them, 185 (11.6%) were absent in the days of data collection and 53 (3.3%) presented difficulty referring food consumption and were considered data loss, 4 (0.3%) refused to participate in the study. Thus, our final sample comprised 1,357 children. This number attended the minimum sample size established in 1,067, considering 50% of score on HEI-2010, 5% as the significance level ($\alpha=0.05$) and 3% as maximum estimative error.

This study was conducted according to guidelines of Declaration of Helsinki and parents provided written consent for theirs' children participation in the study. All measures and procedures were approved by Federal University of Minas Gerais (*Universidade Federal de Minas Gerais* - UFMG) ethics committee.

Data collection was realized between 2013 March and August 2015. Children information regarding sex and address were obtained directly from school records.

From children's residence address we classified their social vulnerability risk using the health vulnerability index (*Índice de Vulnerabilidade da Saúde - IVS*)-2012, which combines socioeconomic and environmental variables in a single synthetic indicator. According to IVS-2012, children's health vulnerability risk was classified in: low, medium, high and very high.

Children were asked if they consumed the meals offered at school at least three times a week and if so how many meals a day they consume. According to this information, children were grouped in categories if they consume zero, one, two or three meals a day offered at school.

Food consumption data was evaluated by one 24HR for the whole sample (n=1,367) and by two 24HR of two non-consecutive days of the same week for a subsample of 524 individuals (39.5%). Trained dietitians were responsible for conducting this interview. Children referred all food and beverages in quantities and preparation form. Real household measurements were used in order to help participants in reporting the amount of food consumption.

Food consumption data referred in household measures were transformed in grams and chemical composition of food were analyzed using the same methodology proposed by Brazilian Institute of Geography and Statistics (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE*) in 2008-2009 National Dietary Survey¹⁹. In addition, recipes were broken down according to their ingredients to better classify foods in their respective food groups.

Total HEI-2010 score was used as a measure of diet quality. This instrument is applied to individuals older than 2 years of age. Chart 1 presents HEI-2010 components and standards for scoring. Additional details on the HEI-2010 are available elsewhere⁷.

The analytic technique used to estimate the multivariate distributions of usual diet quality is an extension of the National Cancer Institute (NCI) method and uses a multipart, nonlinear mixed model with correlated random effects to produce distributions of usual intake¹⁷. Analyses were conducted using SAS (version 9.4; SAS Institute) and macros provided by the NCI website. HEI-2010 total and components scores were presented as mean and as percentiles (10th, 25th, 50th, 75th, 90th) for the whole sample and in median for the categories of sex, social vulnerability risk and number of school meals consumed daily. In addition, the percent of children that achieved the maximum score for each HEI-2010 component was used as percent of adequacy for each component for the whole sample.

Results

Sample was homogenous regarding gender (50.9% boys; 49.1% girls). Low and medium social vulnerability risk was identified among 14.4% and 37.5% of the sample, respectively. The remaining was classified in high (35.6%) and very high (12.5%) health vulnerability risk. About a quarter (27.5%) of the sample didn't consume the meals offered at school and 32.2%, 21.1% and 19.2% consumed one, two and three school meals a day, respectively.

The HEI-2010 total score was 55.08. Children with poorer diet quality (<10th) scored less than 44.72 and children with higher diet quality (>90th) scored more than 65.22. None of children scored more than 80 (Table 1).

The HEI-2010 components of higher adequacy were: total protein foods and beans and greens (96.07% and 78.88% of children achieve the maximum score, respectively). The components' scores that most deviated from the reference values were: refined grains, fatty acids, dairy and sodium. All of them presented less than 1% of children achieving the maximum score (Table 1).

Regarding stratifications, there were no substantial differences in diet quality score among categories and variations in HEI-2010 total score were about 2-3 points (Table 2).

Discussion

This study is the first to present usual diet quality distribution of Brazilian children adjusted for measurement error. Until now, descriptive statistics on diet quality in this public was limited to examination of either mean total score or only a single energy-adjusted component. Diet quality distributions obtained from non-adjusted for measurement error data led to unrealistic estimates of the percent of children with alarmingly poor diets¹⁸. So this study has important public health and policy implications.

The percent of HEI-2010 total score was 55 and the components of higher inadequacy were refined grains, fatty acids, dairy and sodium. On the other hand, intake of total protein food and beans and greens seems adequate, although we suspect that these scores are overestimated by the consumption of beans. Prevalence of frequent consumption (≥ 5 times per week) of beans is estimated in 69.9% among Brazilian adolescents in contrast to 26.6% of raw and 13.5% of cooked vegetables²⁰.

Other studies conducted with Brazilian pediatric public obtained scores from 59.7 to 75 according to different diet quality index. Components with less adequacy were: fruits, vegetables and dairy. Differences among the indexes limit comparison with results from the present study^{8,9,10,11}.

The HEI-2010 has been used in children's diet quality evaluation in the United States (US)²¹ and in Puerto Rico²². In comparison to the 9- to 13-year-old Americans adolescents²¹, the Brazilian children scored more on HEI-2010 total score and on total vegetables, greens and beans, seafood and plant protein and empty calories components. The differences among the first three items probably is related to the higher beans consumption among Brazilians. In regard to empty calories, this component includes solid fat and sugar, which are mostly found in ultra-processed foods. Ultra-processed foods represent 57.9% of American energy intake²³, more than twice what it is observed in Brazilian diet (21.5%)²⁴.

In Puerto Rico, in turn, 12-year-old-children from public schools presented mean total HEI-2010 of 49.3 and the components less scored were: total fruit, whole fruit, total vegetables, whole grains, seafood and plant proteins and fatty acids²².

From the Brazilian public health perspective, this study has an important interface to the Brazilian School Feeding Program (*Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE*). This program started in 1955 and has evolved over the years. Today its objectives are to contribute to the bio-psychosocial development and educational achievement of students by meeting their nutritional needs while in the classroom, and by supporting the formation of healthy habits through food and nutrition education. Since 2001, at least 70% of the funds are spent on basic foods and since 2009, 30% of food used in school meals are purchase directly from family farms. So the quality of school meals has progressively improved; in particular, the availability of fruits and vegetables increased. However, national standards regarding menu composition have not yet been met²⁵, and it can help to explain the absence of diet quality score differences found in the present study among children that consumed more school meals in a day in comparison to the ones that consumed only one school meal a day. In addition, PNAE aims to provide food that is supplemental to the children's diet and not the substance of their diet and this reflects the importance of nutrient dense meals also in the family setting.

Evidences from literature indicate discrepancies between nutritional requirement and quality of meals served by food assistance programs, including PNAE. Study that evaluated 210

menus from 42 municipal schools from Belo Horizonte, for example, found that the meals were inadequate in terms of PNAE nutritional requirements and offered less amount of nutrients than the indicated²⁶. In the US, the backpack food assistance program distributes easy-to-prepare foods in a backpack to potentially food-insecure students on Fridays to help reduce weekend hunger. A study used the HEI-2010 to assess the diet quality of foods provided in 5 menus of Montana backpack programs and also showed discrepancies between nutritional requirement and quality of meals served. The HEI-2010 mean total score of 59 was slightly better than the American food supply, however, it was still statistically lower than the maximum score of 100 and fell well below a “good” score of 80²⁷.

The present study pointed the importance of increasing consumption of dairy and foods rich in unsaturated fat and limiting ingestion of refined grains, sodium and saturated fat to better suit children's nutritional needs and increase HEI-2010 scores. Schools professionals, researchers and policy makers can help achieving these goals by developing nutrition education activities focusing on these food groups and providing foods with high nutritional density in children's menu.

Regarding the relationship between diet quality and gender, in accordance to our results, other studies conducted with pediatric public didn't find diet quality differences among boys and girls^{10,25}. In contrast, the influence of social vulnerability in diet quality is still controversy in literature. Although many results have shown that a high diet quality is more expensive²⁸, there is evidence that among children there is no improvement in diet quality with income level. It is assumed that individuals in families with higher social vulnerability tend to consume fewer total vegetables, dark green vegetables, fruits and whole grains, than individuals in higher-income families. On the other hand, individuals in these lower-income households also tend to consume less saturated fat and less sodium than individuals in less social vulnerability risks. The net effect is only a marginal difference in total HEI scores. So, higher income individuals may spend more on food, but it not necessarily means that they are purchasing only healthier foods²⁹.

Despite the study relevance, it has limitations. This study didn't use a diet quality index based on the Brazilian dietary guidelines issued in 2014 that organize food in groups according to its industrial processing³⁰. These guidelines recommend the preference of natural or minimally processed foods and freshly made dishes and meals to ultra-processed products³⁰. Developing a diet quality index based on Brazilian dietary guideline messages is of high importance but it is

also a challenge as no quantitative recommendation is made about amount of food consumption. And although HEI-2010 does not consider food processing in its components, the instrument is organized mostly in food groups and its scoring system favors the consumption of fruit, vegetables and protein foods that are natural or minimally processed. In addition, HEI-2010 contains the moderation components refined grains, sodium and empty calories, usually found in ultra-processed foods. Then, we believe that there is a direct correlation between HEI-2010 total score and the consumption of natural and minimally processed foods and an inverse correlation with ultra-processed food intake.

It is important to note that Previdelli et al.³² in 2011 proposed a Brazilian Healthy Index that was based on the HEI-2005 structure and that contained dietary recommendations presented on the first Brazilian dietary guidelines issued in 2006. Nevertheless, we opted to use HEI-2010 because it is an update of HEI-2005 and overcomes some limitations noted in the 2005 instrument and it is in accordance with the current nutritional recommendations. It should also be emphasized that the 2014 Brazilian Dietary Guideline entirely substitutes the previous version of this document published in 2006³⁰.

In addition, this study obtained children's intake data by their own referral and we know that dietary assessment of schoolchildren is challenged by the fact that cognitive abilities for self-reporting, good memory, nutrition knowledge and long attention span required to answer the questionnaire may not be fully developed in the school age child. However, it is assumed that parents provide reliable recalls of food intake for children under the age of 8 years in the home setting, but they may not be fully informed about the food consumed away from home⁴. So, it is expected that after completing 9 years old children can refer their food intake without parent's assistance. In addition, the majority of studies that evaluated accuracy of self-reported dietary intake information using direct observation, doubly labeled water, or the double-portion method, and compared it with their recall of that intake was conducted with children aged 9 to 10 years old and found a good concordance between the reference method and the children report³². In this study we also used real household measures to help children to define food portion sizes.

Conclusions

In sum, this study presented the usual diet quality distribution of 9- to 10-year-old children of a Brazilian city adjusted for measurement error and pointed out the main inadequacies

among children food consumption. These results can be used to plan and develop actions in the school environment in order to promote healthy eating practices and adequacies in meals menu. Utilization of this methodology in other samples, specially, in a nationally representative sample, will help in monitoring diet quality of Brazilian children.

Acknowledgments

We acknowledge Brazilian Federal Agency for the Improvement of Higher Education (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES*), National Council for Scientific and Technological Development (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq*) and State of Minas Gerais Research Funding Agency (*Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG*) for financial support and Belo Horizonte Secretary of Food and Nutrition Security (*Secretaria Municipal Adjunta de Segurança Alimentar e Nutricional - SMASAN/BH*) for partnership and logistical support for the project.

References

1. Koletzko B, Kolacek S, Phillips A, Troncone R, Vandenplas Y, Thapar N, Baumann U, van Goudoever J, Mihatsch W, de Swarte C, Benninga M, Mearin L. Research and the promotion of child health: a position paper of the European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2014. 59(2):274-278.
2. Mistry KB, Minkovitz CS, Riley AW, Johnson SB, Grason HA, Dubay LC, Guyer B. A new framework for childhood health promotion: the role of policies and programs in building capacity and foundations of early childhood health. *Am J Public Health.* 2012; 102(9):1688-1696.
3. Marshal S, Burrows T, Collins CE. Systematic review of diet quality indexes and their associations with health related outcomes in children and adolescents. *J Hum Nutr Diet.* 2014; 27: 577-598.
4. Ochola S, Masibo PK. Dietary intake of schoolchildren and adolescents in developing countries. *Ann Nutr Metab.* 2014; 64(suppl.2):2-24.
5. Kourlaba G, Panagiotakos DB. Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas.* 2009; 62(1): 1-8.
6. Alkerwi A. Diet quality concept. *Nutrition.* 2014; 30(6): 613-618.

7. Guenther PM, Casavale KO, Reedy J, Kirkpatrick SI, Hiza HÁ, Kuczynski KJ, Kahle LL, Krebs-Smith SM. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet*. 2013; 113(4): 569-580.
8. De Assumpção D, Barros MB, Fisberg RM, Carandina L, Goldbaum M, Cesar CL. Diet quality among adolescents: a population-based study in Campinas, Brazil. *Rev Bras Epidemiol*. 2012; 15(3):605-616.
9. Rauber F, da Costa Louzada ML, Vitolo MR. Healthy eating index measures diet quality of Brazilian children of low socioeconomic status. *J Am Coll Nutr*. 2014; 33(1):26-31.
10. Wendpap LL, Ferreira MG, Rodrigues PR, Pereira RA, Loureiro A da S, Gonçalves-Silva RM. Adolescents' diet quality and associated factors. *Cad Saude Publica* 2014; 30(1):97-106.
11. Leal KK, Schneider BC, França GVA, Gigante DP, dos Santos I, Assunção MCF. Diet quality of preschool children aged 2 to 5 years living in the urban area of Pelotas, Brazil. *Rev Paul Pediatr*. 2015; 33(3): 310-317.
12. Midthune D, Schatzkin A, Subar AF, Thompson FE, Freedman LS, Carroll RJ, Shumakovich MA, Kipnis V. Validating an FFQ for intake of episodically consumed foods: application to the National Institutes of Health – AARP Diet and Health Study. *Public Health Nutr*. 2011; 14(7):1212-1221.
13. Barbosa FS, Sichieri R, Junger WL. Assessing usual dietary intake in complex sample design surveys: the National Dietary Survey. *Rev Saude Publica*. 2013; 47(suppl.1): 171-176.
14. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health*. 2014; 36:e20140009.
15. Dodd KW, Guenther PM, Freedman LS, Subar AF, Kipnis V, Midthune D, Tooze JA, Krebs-Smith SM. Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: a review of the theory. *J AM Diet Assoc*. 2006; 106(10):1640-1650
16. Laureano GH, Torman VB, Crispim SP, Dekkers AL, Camey SA. Comparison of the ISU, NCI, MSM, and SPADE methods for estimating usual intake: a simulation study of nutrients consumed daily. *Nutrients*. 2016; 8(3):166
17. Zhang S, Midthune D, Guenther PM, Krebs-Smith SM, Kipnis V, Dodd KW, Tooze JA, Freedman L, Carroll RJ. A new multivariate measurement error model with zero-inflated dietary data and its application to dietary assessment. *Ann Appl Stat*. 2011; 5(2B): 1456-1487.

18. Carrol RJ. Estimating the distribution of dietary consumption patterns. *Stat Sci.* 2014; 29(1):2-8.
19. IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Family Budget Survey, 2008–2009: analysis of personal food consumption in Brazil. Rio de Janeiro, Brazil: Coordination of Work and Income; 2011.
20. Azeredo CM, de Rezende LF, Canella DS, Moreira Claro R, de Castro IR, Luiz O do C, Levy RB. Dietary intake of Brazilian adolescents. *Public Health Nutr.* 2015; 18(7):1215-1224.
21. Banfield EC, Liu Y, Davis JS, Chang S, Frazier-Wood AC. Poor adherence to US Dietary Guidelines for Children and Adolescents in the National Health and Nutrition Examination Survey Population. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116(1):21-27.
22. Torres R, Serrano M, Pérez CM, Palacios C. Physical environment, diet quality, and body weight in a group of 12-year-old children from four public schools in Puerto Rico. *P R Health Sci. J* 2014; 33(1):14-21.
23. Steele EM, Baraldi LG, Louzada MLC, Mourabac JC, Mozaffarian D, Monteiro CA. Ultraprocessed-foods and added sugars in the US Diet: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open.* 2016; 6:e009892.
24. Louzada MLC, Martins APB, Canella DS, Baraldi LG, Levy RB, Claro RM, Mourabac JC, Cannon G, Monteiro CA. Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil. *Rev Saude Publica.* 2015; 49:38.
25. Sidaner E, Balaban D, Burlandy L. The Brazilian school feeding programme: and example of integrated programme in support of food and nutrition security. *Public Health Nutr.* 2013; 16(6):989-994.
26. Issa RC, Moraes LR, Francisco RR, dos Santos LC, dos Anjos AF, Pereira SC. School meals: planning, production and adequacy. *Rev Panam Salud Publica.* 2014; 35(2): 96-103.
27. Byker C, Smith T. Food assistance programs for children afford mixed dietary quality based on HEI-2010. *Nutrition Res.* 2015; 35(1):35-40.
28. Darmon N, Drewnovski A. Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* 2015; 73(10):643-60.
29. Carlson A, Frazão E. Food costs, diet quality and energy balance in the United States. *Physiol Behav.* 2014; 134: 20-31.

30. Monteiro CA, Cannon G, Mourabac JC, Martins AP, Martins CA, Garzillo J, Canella DS, Baraldi LG, Barciotte M, Louzada ML, Levy RB, Claro RM, Jaime PC. Dietary guidelines to nourish humanity and the planet in the twenty-first century. A blueprint from Brazil. *Public Health Nutr.* 2015; 18(13):2311-2322
31. Previdelli AN, de Andrade SC, Pires MM, Ferreira SRG, Fisberg RM, Marchioni DML. A revised version of the Healthy Eating Index for the Brazilian population. *Rev Saude Publica.* 2011; 45(4):794-798.
32. Sharman SJ, Skouteris H, Powel BM, Watson B. Factors related to the accuracy of self-reported dietary intake of children aged 6 to 12 years elicited with interviews: a systematic review. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116(1):76-114.

Chart 1: HEI-2010 components and standards for scoring. Brazil, 2016.

Component	Points	Standard for maximum score	Standard for minimum score
Total fruit ¹	5	≥0.8 cup equivalents per 1,000 kcal	No fruit
Whole fruit ²	5	≥0.4 cup equivalents per 1,000 kcal	No whole fruit
Total vegetable ³	5	≥1.1 cup equivalents per 1,000 kcal	No vegetables
Greens and beans ³	5	≥0.2 cup equivalents per 1,000 kcal	No dark green vegetables or beans and peas
Whole grains	10	≥1.5 oz equivalents per 1,000 kcal	No whole grains
Dairy ⁴	10	≥1.3 cup equivalents per 1,000 kcal	No dairy
Total protein foods ⁵	5	≥2.5 oz equivalents per 1,000 kcal	No protein foods
Seafood and plant proteins ^{5,6}	5	≥0.8 oz equivalents per 1,000 kcal	No seafood and plant proteins
Fatty acids ⁷	10	(PUFAs + MUFAs)/SFAs ≥ 2.5	(PUFAs + MUFAs)/SFAs ≤ 1.2
Refined grains	10	≤1.8 oz equivalents per 1,000 kcal	≥4.3 oz equivalents per 1,000 kcal
Sodium	10	≤1,100 mg per 1,000 kcal	≥2,000 mg per 1,000 kcal
Empty calories ⁸	20	≤19% of energy	≥50% of energy

¹ Includes fruit juice.

² Includes all forms except juice.

³ Includes any beans and peas not counted as Total Protein Foods.

⁴ Includes all milk products, such as fluid milk, yogurt, and cheese, and fortified soy beverages.

⁵ Beans and peas are included here (and not with vegetables) when the Total Protein Foods standard is otherwise not met.

⁶ Includes seafood, nuts, seeds, soy products (other than beverages) as well as beans and peas counted as Total Protein Foods

⁷ Ratio of poly- (PUFAs) and monounsaturated (MUFAs) fatty acids to saturated fatty acids (SFAs).

⁸ Calories from solid fats, alcohol, and added sugars; threshold for counting alcohol is >13 grams per 1,000 kcal.

Table 1: Healthy Eating Index-2010 components and total scores for 9- to 10-year-old children from a Brazilian city. Brazil, 2016.

Diet quality item	Mean	Percentiles					Adequacy (%)
		10	25	50	75	90	
Total fruit	3.58	1.32	2.39	3.96	5.00	5.00	35.42
Whole fruit	3.51	0.91	2.09	4.17	5.00	5.00	41.37
Total vegetable	3.48	1.43	2.35	3.69	5.00	5.00	27.02
Greens and beans	4.50	2.57	5.00	5.00	5.00	5.00	78.88
Whole grains	3.80	0.02	0.32	2.40	7.16	10.00	15.45
Dairy	3.66	1.81	2.51	3.43	4.57	5.81	0.21
Total protein foods	4.97	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	96.07
Seafood and plant proteins	3.76	0.02	2.49	5.00	5.00	5.00	63.46
Fatty acids	2.59	0.13	1.12	2.35	3.75	5.21	0.20
Refined grains	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sodium	5.38	2.62	4.00	5.46	6.86	8.03	0.94
Empty calories	15.78	11.73	13.83	16.06	18.11	19.83	9.01
Total score	55.08	44.72	49.28	55.25	60.89	65.22	0.0

Table 2: Healthy Eating Index-2010 components and total mean scores for 9- to 10-year-old children from a Brazilian city according to gender, number of school meals consumed daily, social vulnerability risk. Brazil, 2016.

Components	Gender		School meals a day				Social vulnerability			
	Male	Female	None	One	Two	Three	Low	Medium	High	Very high
Total fruit	3.56	3.65	3.54	3.51	3.72	3.63	3.83	3.78	3.49	3.74
Whole fruit	3.46	3.61	3.43	3.49	3.81	3.57	3.38	3.83	3.49	3.85
Total vegetable	3.64	3.53	3.62	3.55	4.00	3.72	3.70	3.73	3.87	4.10
Greens and beans	4.60	4.55	4.80	4.45	4.56	4.62	4.76	4.58	4.65	4.83
Whole grains	5.50	8.05	9.07	7.17	6.73	8.54	9.78	7.35	5.55	7.29
Dairy	3.66	3.64	3.57	3.55	3.56	4.11	4.43	3.78	3.39	3.68
Total protein foods	5.00	4.99	4.99	4.99	5.00	4.99	4.99	4.99	4.99	5.00
Seafood and plant proteins	3.96	4.17	4.41	4.29	4.66	4.75	4.80	4.10	4.15	4.78
Fatty acids	2.56	2.49	2.27	2.38	2.61	2.42	1.55	2.48	2.64	2.33
Refined grains	0.13	0.04	0.03	0.09	0.70	0.21	0.16	0.04	0.14	0.03
Sodium	5.75	5.15	5.14	5.27	5.98	5.69	6.03	5.42	5.46	5.28
Empty calories	15.58	15.81	15.28	15.85	15.45	14.45	14.36	15.40	16.11	15.25
Total HEI-2010	57.43	59.73	60.17	58.59	60.32	61.73	61.80	59.51	57.98	60.19

5.2 Artigo 2

Título: Optimization modelling to achieve a high diet quality pattern for 9- to 10-year-old children from a Brazilian city.

Revista pretendida: Maternal and Child Nutrition.

**Optimization modelling to achieve a high diet quality pattern for 9- to 10-year-old children
from a Brazilian city**

Paula M. Horta¹, Eliseu Verly Junior², Luana C. dos Santos³

¹Horta PM (*corresponding author*): Department of Nutrition, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil. Avenida Professor Alfredo Balena, 190, 3º Andar, Sala: 324. Santa Efigênia. 30130-100. Belo Horizonte, MG, Brazil. E-mail: paulamhorta@gmail.com

²Verly-Jr E: Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Rua São Francisco Xavier, 524, 7º Andar, Bloco E. 20550-900. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. E-mail: eliseujunior@gmail.com

³Santos LC: Department of Nutrition, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil. Avenida Professor Alfredo Balena, 190, 3º Andar, Sala: 324. Santa Efigênia. 30130-100. Belo Horizonte, MG, Brazil. E-mail: luanacstos@gmail.com

Abstract word count (up to 250): 236

Main text word count (up to 5,000): 2,870

Number of references: 34

Number of tables: 4

Short running title: Optimization modelling for a high diet quality

Financial support: Brazilian Federal Agency for the Improvement of Higher Education (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES*), National Council for Scientific and Technological Development (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq*), State of Minas Gerais Research Funding Agency (*Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG*).

Acknowledgments: We acknowledge Belo Horizonte Secretary of Food and Nutrition Security (*Secretaria Municipal Adjunta de Segurança Alimentar e Nutricional - SMASAN/BH*) for partnership and logistical support for the project.

Conflicts of interest: the authors declare no conflicts of interest

Author's contribution: Horta PM participated in data collection, data analysis, data interpretation and manuscript writing. Verly-Jr E and Santos LC designated the study and contributed to data interpretation and manuscript writing. All authors have read and approved the final manuscript.

Abstract

Dietary changes focusing on high diet quality that deviate the least from population dietary habits can be simulated using optimization modelling. This study aimed to apply optimization modelling using linear programming to generate a high diet quality pattern measured by the Healthy Eating Index-2010 (HEI-2010) for 9- to 10-year-old children (n=1,357) of a Brazilian city. Children's mean energy requirement (1,740 kcal) was the objective function of the linear programming and the food items that contributed up to 90% of all foods consumed by the sample were the decision variables. Constraints related to HEI-2010 components aimed to provide at least 80% of their maximum score. Food items constraints were defined in accordance to the observed mean intake and its industrial processing. Nutrients content in the optimized model was defined to achieve recommended standards. The optimized model was feasible after substituting whole milk for skimmedmilk. Intake of some foods had to be increased (in comparison to the mean observed intake) to achieve all constraints: whole grains (52.06 times), oil (11.06 times), milk (3.15 times), fruits (3 times), tomato, cabbage and green collard (3 times). In contrast, rice, non-industrialized bread and pasta was reduced to 40% of the mean and ultra-processed foods were decreased to no lower than 10% of the mean. In sum, large shifts in children's diet are needed to achieve high diet quality. Our results can help nutrition programs aiming to improve children's food intake.

Keywords: children, diet quality, healthy eating index, linear programming, optimization

Introduction

Unhealthy eating habits during childhood can negatively impact on children's growth and development and is a risk factor for nutritional deficiencies and non-communicable diseases^{1,2}. Assessing food consumption in this life stage can help identify individuals at increased nutritional risk and guide preventive actions³.

Studies in nutritional epidemiology have traditionally evaluated the relationship between health and the intake of specific nutrients or foods. From the public health perspective, it is essential to study dietary patterns, since people do not consume nutrients or a single type of food separately, but rather a combination of foods and nutrients. Diet quality indexes composed by multiple interrelated dietary components and based on current nutrition knowledge, such as the Healthy Eating Index-2010 (HEI-2010), the Diet Quality Index (DQI) and the Mediterranean Diet Scale (MDS), are valuable instruments that can be used to investigate dietary patterns^{4,5}.

In the last years, studies conducted with Brazilian pediatric public have focused on diet quality indexes to characterize dietary patterns^{6,7,8,9}. In general, these studies indicated poor compliance with dietary guidelines and higher inadequacies were found for fruits, dairy, whole grain and vegetables. Diet quality diverged in accordance to parents income and schooling and children's nutritional status^{6,7,8,9}.

Information about children's diet quality can guide dietary changes that should focus on providing a dense nutrient diet and at the same time respect individual's food culture and preferences. In this context, optimization modelling by linear programming is a tool that has been used to identify the dietary changes required for achieving nutrient recommendations, while deviating the least from population dietary habits. It allows optimize a linear function (e.g. energy intake) of a set of decision variables (e.g. food items) while respecting multiple linear constraints (e.g. nutrient requirements)^{10,11,12,13,14,15,16}.

The aim of this study was to apply optimization modelling using linear programming to generate a high diet quality pattern measured by the HEI-2010 for 9- to 10-year-old children of a Brazilian city. To our knowledge this the first study to develop optimization modelling using a diet quality index and we expect that it will contribute to the understanding of what dietary changes are primordial in children's diets to reach high quality.

Participants and methods

This study used data from a survey conducted between 2013 March and August 2015 with 9- to 10-year-old children from Belo Horizonte, Brazil. Belo Horizonte is the capital city of the state of Minas Gerais and has 2,375,151 inhabitants and 331.4 km² of land area. The sample comprised 1,357 children (50.9% boys; 49.1% girls) from municipal schools randomly selected from all the nine administrative regional municipality. This study was conducted according to guidelines of Declaration of Helsinki and parents provided written consent for their children participation in the study. All measures and procedures were approved by Federal University of Minas Gerais (*Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG*) ethics committee.

Children's identification data such as gender and age was obtained directly from school records. Anthropometric evaluation involved measuring weight and height according to described techniques in literature¹⁷. Food consumption was assessed by one 24-hour dietary recall (24HR) and real household measurements were used in order to help participants in reporting the amount of food consumption. Food intake data were transformed in grams and chemical composition of food were analyzed using the same methodology proposed by Brazilian Institute of Geography and Statistics (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE*) in 2008-2009 National Dietary Survey¹⁸.

The optimization modeling applied in this study aimed to define a high diet quality pattern for the children while respecting their energy requirements and food intake and providing adequate amount of macro and micronutrients (Chart 1).

Diet quality was evaluated by the HEI-2010 which is composed by 12 items: total fruit, whole fruit, total vegetables, greens and beans, whole grains, dairy, total protein foods, seafood and plant proteins, fatty acids, refined grains, sodium, and empty calories. The first nine items are adequacy components and the last three are moderation components. Each component has a minimum score of 0 and a maximum score of 5, 10 or 20. The total HEI-2010 score ranges from 0 to 100, with higher scores indicating higher diet quality¹⁹.

In this study, high diet quality was assured by a HEI-2010 total score of at least 80²⁰ and all the 12 HEI-2010 components were scored in at least 80% of its maximum score. For example, total fruit component is scored up to 5 points and the consumption of at least ≥ 0.8 cup equivalents per 1,000 calories of total fruit represents the criteria for the maximum score. On the other hand, no consumption of fruits represents the minimum score (0). So, to achieve 80% of the

maximum score of total fruits, children should consume at least 0.64 cup equivalents per 1,000 kcal. Information regarding HEI-2010 components standard for scoring is presented in table 1.

Children's energy requirement was the objective function of linear programming and was assessed by Estimated Energy Requirement (EER) formulas proposed by the Institute of Medicine considering children's gender, age, physical activity practice, weight and height measures and nutritional status²¹. The mean EER estimated for the whole sample was 1,740 kcal (standard deviation=352.8 kcal; minimum=1,096.1 kcal and maximum= 3,217.4 kcal).

Optimization modelling was applied using the main food items consumed by the children as decision variables. Frequency of all food items was obtained in descending order and only the items that contributed up to 90% of all foods consumed by the sample was included in the model. Foods items and its frequency consumption in the sample is presented in table 2.

Constraints related to these foods items were imposed in the optimization modelling so its reflected the observed intake in the sample. Adequacy foods items (defined in this study as natural and processed foods) intake was remained constant or increased to the maximum needed to achieve the 80% of the maximum score of total fruit, whole fruit, total vegetables, greens and beans, whole grains, dairy, total protein foods, seafood and plant proteins, fatty acids. For moderation food items (defined in this study as ultra-processed products and culinary ingredients), children's intake remained constant or decreased to the minimum needed to achieve the 80% of the maximum score of refined grains, sodium and empty calories. Although vegetable oil consists a moderation food item, its participation had to be increased in the optimized model to achieve fatty acids recommendations. Coffee were held constant (equal to the observed mean intake). All constraints imposed to each food item is presented in table 2. For more information regarding foods classification according to their industrial processing, read Monteiro et al.²².

Constraints applied to macro and micronutrient content were also imposed to achieve nutrient adequacy. Minimum and maximum quantity of nutrients was defined in accordance to Institute of Medicine^{21,23,24} and World Health Organization²⁵ recommendations (table 3).

Optimization modelling was undertaken by linear programming using the standard Microsoft Excel Solver software (Frontline Systems Inc, Incline Village, NV). HEI-2010 components participation and nutrients content in the observed diet was compared to the optimized model.

Results

Children's observed intake provided 1,792 kcal and 13 foods represented half of the most common foods consumed by the sample: sugar (6.16%), rice (5.38%), beans (5.15%), non-industrialized bread (4.65%), milk (4.55%), cookies (4.21%), beef (4.04%), chicken meat (3.14%), flours (3.0%), juice powder (2.99%), eggs (2.71%), chocolate powder milk drink (2.71%) and tomato (2.64%) (table 2).

Canned corn was the only whole grain consumed by the sample and the amount of corn necessary to achieve 80% of its maximum score was almost 50 times the observed mean intake or 62.36 g. On the other hand, refined grains were consumed in excess in the sample. So to achieve the maximum quantity established to this component, ultra-processed refined grains were decreased to no lower than 10% of the mean and processed refined grain to no lower than 40% of the mean. Dairy participation in the diet was not sufficient to provide at least 80% of its maximum score because the quantity of whole milk needed to achieve this goal would consequently extrapolate the maximum defined for empty calories (include solid fats and added sugar). So we substituted skimmed milk for whole milk and allowed milk participation to increase to 3.16 times the mean. Oil intake was higher than 10 times the mean intake to achieve polyunsaturated fatty acids recommendations. Last, all the ultra-processed products in the optimized model was limited to 0.10 to 1.00 of the mean intake to adequate sodium content and all fruits and vegetables participation was increased until 3 times the mean to adequate fibers (table 2).

Regarding HEI-2010 components, except for whole grains, refined grains and sodium, the others nine components extrapolated the criteria for 80% of maximum score and achieved the maximum score. In comparison to mean HEI-2010 components in the observed diet, the optimization modelling improved all of the diet quality items (Table 1).

Finally, all nutrients provided by the optimized model were within the recommendations. Regarding the children's observed intake, fiber, polyunsaturated, saturated, sodium and trans fatty acids and calcium content were out of the recommended range (Table 3).

Discussion

This study identified dietary changes in children's diet in order to achieve high quality while deviating the least from population dietary habits. The optimized model provided high diet

quality (HEI-2010>80 points) and greatly improved nutrient content, but a large shift in children's consumption was necessary specially in whole grains, dairy, oil, fruits and vegetables. In addition, refined grains and ultra-processed products intake had to be reduced and skimmed milk was substituted for whole milk.

The very low consumption of whole grains observed in our sample reflects Brazilian diet. Whole rice and whole bread consumption among a nationally representative sample of Brazilian adolescents (10-18 years old), for example, is on average 7.9 and 0.4 grams per day, respectively, while white rice and white bread mean intake is 158.9 and 54.3 grams per day, respectively¹⁸. Milk consumption among these Brazilian adolescents (38.6 grams)¹⁸ is also low and even below our sample mean (168.5 grams) that is far the minimum recommended level of intake. Oil is an important source of unsaturated fat in addition to fish and nuts. These two items were practically absent in the children's intake and is also rare in Brazilian diet¹⁸, so the optimized model achieved high quality by increasing oil consumption. Regarding fruits and vegetables, a study showed absence of vegetables in the top 20 most commonly consumed foods of Brazilian adolescents and banana was the only fruit that was present in this list²⁶. So, similarly to our results, Brazilian adolescents should increase their intake of whole grains, milk, oils and fruits and vegetables in order to achieve high diet quality.

In contrast, this study showed the necessity of reducing refined grains and ultra-processed foods. In our sample, almost all grains consumed were refined. There is evidence that refined grains consumption of up to 50% of all grain foods (without high levels of added fat, sugar, or sodium) is not associated with any increased disease risk and that a higher ratio between whole grains and refined grains is associated with greater health benefits²⁷. Ultra-processed food consumption, in turn, is associated with higher energy density, higher overall fat content, higher saturated and trans fat, higher levels of free sugar and less fiber, protein, sodium and potassium, when compared to natural or minimally processed foods²⁸. In this study, decreasing ultra-processed foods was necessary to achieve sodium standards.

In Brazil, a strategic action plan to combat non-communicable diseases aims to expand and to strengthen healthy eating promotion actions in the country during 2011-2022. The plan intends to improve consumption of healthy food items such as whole grains, fruits and vegetables by increasing supply in the institutional market, and by proposing fiscal measures in order to reduce the cost of healthy food items and by ensuring these items in school through Brazilian

School Feeding Program (*Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE*)^{29,30}. In addition, the plan aims to sign agreements with industry to reduce salt and sugar content in industrialized food and to limit non-healthy food marketing directed to children²⁹. The present study points to some urgent changes needed to improve children's dietary quality.

Regarding whole milk substitution for skimmed milk in the optimization modelling, it was conducted to provide 80% of the maximum score for dairy and adequate calcium content since the increase in whole milk participation extrapolated empty calories content. In our sample, milk was the fifth most consumed food and the dairy with the highest consumption. Almost 100% of milk consumed by the sample was whole milk (only 24 occurrences of skimmed milk were identified). The substitution of skimmed milk for whole milk in the optimization model enabled adequate dairy component without extrapolate saturated fat intake. We believe this substitution is a challenge since whole milk is more palatable, but according to our results it is necessary to achieve satisfactory amounts of calcium in children's diet without higher content of fat and saturated fat.

A cross-sectional modelling study using data from 2001-2002 and 2003-2004 National Health and Nutrition Examination Survey evaluated the population level impact of replacing skimmed milk for whole milk on energy, macronutrient and nutrient intakes and diet cost of American children and adolescents. The results showed that replacement with skimmed or low-fat milk would lead to a projected reduction in energy of 113 and 77 kcal/d and percent energy from saturated fat by an absolute value of 2.5% of total energy and 1.4% without changing diet costs³¹.

Other studies have also identified dietary changes using optimization modelling to achieve nutrient adequacy^{13,15}. In Japan, an optimization modelling was constructed for adults and elderly to minimize differences between observed and optimized food intake patterns while also meeting adequacy for 28 nutrients. Optimized food intake patterns demanded greatly increased intake of whole grains and reduced-fat dairy products in place of intake of refined grains and full-fat dairy products¹⁵. In France, a nationally adequate diet was modelled for 1,171 adults that simultaneously met a whole set of nutrients goals while deviating the least from the observed diet. Among 13 food categories which has 5% of non-consumers, unsalted nuts, fruit, fresh dairy products, and fish were added for a large majority of non-consumers. Unrefined

grains, legumes, poultry, and cheese were added to 17–30% of non-consumers. Conversely, potatoes, soft drinks, salted snacks, eggs, and deli meats were rarely added¹³.

Finally, limitations to the present study warrant mention. First, even though linear programming provides insights into underlying food choices structure, the results are strongly dependent on constraints chosen. We based our assumptions in what is defined as a high diet quality²⁰ using a valid and reliable instrument. Second, as a consequence of the unfeasibility of the optimization modelling our results may lack of realism, since a large shift in consumption was identified. Third, we didn't evaluate the financial cost of the dietary changes implemented in the model and many studies show that a high diet quality is more expensive than a low diet quality³³. We suggest further studies that evaluate actual food expenditure by people with limited economic resources since it allows identify beneficial food-purchasing behavior presented by positive deviants that choose foods with higher nutritional content for their price³⁴. Fourth, our sample consists of 9- to 10-year old children from public schools from one city of Brazil and because of that the results cannot be extrapolated to all Brazilian children, specially to those from private schools and with other ages.

Despite these limitations, this study was the first one to apply optimization modelling to generate high a diet quality pattern measured by a diet quality index. In sum, large shifts in children's diet, especially in whole grains, dairy, oil, fruits and vegetables are needed to achieve high diet quality and nutrients adequacy. Dietary changes denoted by this study can be adopted by nutrition programs in order to improve children's dietary quality.

References

1. Koletzko B., Kolacek S., Phillips A., Troncone R., Vandenplas Y., Thapar N., Baumann U., van Goudoever J., Mihatsch W., de Swarte C., Benninga M. & Mearin L. (2014) Research and the promotion of child health: a position paper of the European Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2014 **59**, 274-278.
2. Mistry K.B., Minkovitz C.S., Riley A.W., Johnson S.B., Grason H.A., Dubay L.C. & Guyer B. (2012) A new framework for childhood health promotion: the role of policies and programs in building capacity and foundations of early childhood health. *Am J Public Health* **102**, 1688-1996.

3. Marshal S., Burrows T. & Collins C.E. (2014) Systematic review of diet quality indexes and their associations with health related outcomes in children and adolescents. *J Hum Nutr Diet* **27**, 577-598.
4. Kourlaba G. & Panagiotakos D.B. (2009) Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas* **62**, 1-8.
5. Alkerwi A. (2014) Diet quality concept. *Nutrition* **30**, 613-618.
6. De Assumpção D., Barros M.B., Fisberg R.M., Carandina L., Goldbaum M. & Cesar C.L. (2012) Diet quality among adolescents: a population-based study in Campinas, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* **15**, 605-616.
7. Rauber F., da Costa Louzada M.L. & Vitolo M.R. (2014) Healthy eating index measures diet quality of Brazilian children of low socioeconomic status. *J Am Coll Nutr* **33**, 26-31.
8. Wendpap L.L., Ferreira M.G., Rodrigues P.R., Pereira R.A., Loureiro A. da S. & Gonçalves-Silva R.M. (2014) Adolescents' diet quality and associated factors. *Cad Saude Publica* **30**, 97-106.
9. Leal K.K., Schneider B.C., França G.V.A., Gigante D.P., dos Santos I. & Assunção M.C.F. (2015) Diet quality of preschool children aged 2 to 5 years living in the urban area of Pelotas, Brazil. *Rev Paul Pediatr* **33**, 310-317.
10. Soden P.M. & Fletcher R. (1992) Modifying diets to satisfy nutritional requirements using linear programming. *Br J Nutr* **68**, 565-572.
11. Briend A., Darmon N., Ferguson E. & Erhardt J. (2003) Linear programming: A mathematical tool for analyzing and optimizing children's diets during the complementary feeding period. *JPGN* **36**, 12-22.
12. Rambeloson Z.J., Darmon N. & Ferguson E.L. (2007) Linear programming can help identify practical solutions to improve the nutritional quality of food aid. *Public Health Nutr* **11**, 395-404.
13. Maillot M., Issa C., Vieux F., Lairon D. & Darmon N. (2011) The shortest way to reach nutritional goals is to adopt Mediterranean food choices: evidence from computer-generated personalized models. *Am J Clin Nutr* **94**, 1127-1237.
14. Brimblecombe J., Ferguson M., Liberato S.C., O'Dea K. & Riley M. (2013) Optimization modelling to assess cost of dietary improvement in remote aboriginal Australia. *PLoS ONE* **8**, 383587.

15. Okubo H., Sasaki S., Murakami K., Yokoyama T., Hirota N., Notsu A., Fukui M. & Date C. (2015) Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models. *Nutr J* **14**,57.
16. Perignon M., Masset G., Ferrari G., Barré T., Vieux F., Maillot M., Amiot M.J. & Darmon N. (2016) How low can dietary greenhouse gas emissions be reduced without impairing nutritional adequacy, affordability and acceptability of the diet? A modelling study to guide sustainable food choices. *Public Health Nutr* **6**,1-13 [epub ahead of print].
17. WHO – World Health Organization. (1995) *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Report of a WHO Expert Committee. Geneva: World Health Organization.
18. IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. (2011) *Family Budget Survey, 2008–2009: Analysis of personal food consumption in Brazil*. Rio de Janeiro, Brazil: Coordination of Work and Income.
19. Guenther P.M., Casavale K.O., Reedy J., Kirkpatrick S.I., Hiza H.A., Kuczynski K.J., Kahle L.L. & Krebs-Smith S.M. (2013) Update of the Healthy Eating Index: HEI-2010. *J Acad Nutr Diet* **113**, 569-580.
20. Basiotis P.P., Carlson A., Gerrior S.A., Juan W.Y. & Lino M. (2002) *The Healthy Eating Index: 1999-2000*. US Department of Agriculture, Center for Nutrition Policy and Promotion.
21. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. (2005) *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. Washington, DC: National Academy Press.
22. Monteiro C.A., Levy R.B., Claro R.M., Castro I.R. & Cannon G. (2010) A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad Saude Publica* **26**, 2039-2049.
23. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. (2006) *Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements*. Washington, DC: National Academy Press.
24. IOM – Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. (2011) *Dietary reference intakes for calcium and vitamin D*. Washington, DC: National Academy Press.
25. WHO – World Health Organization. (2010) *Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation*. Geneva: World Health Organization.
26. Williams P.G. (2012) Evaluation of the evidence between consumption of refined grains and health outcomes. *Nat Rev* **70**, 80-99.

27. Brazil. Ministry of Health. (2011) *Strategic action plan to tackle noncommunicable diseases (NCD) in Brazil: 2011–2022*. Brasília: Ministry of Health.
28. Costa Louzada M.L., Martins A.P., Canella D.S., Baraldi L.G., Levy R.B., Claro R.M., Mourabac J.C., Cannon G. & Monteiro C.A. (2015) Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil. *Rev Saude Publica* **48**, 38.
29. Darmon N. & Drewnovski A. (2015) Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* **73**, 643-660.
30. Marty L., Dubois C., Gaubard M.S., Mandon A., Lesturgeon A., Gaigi H. & Darmon N. (2015) Higher nutritional quality at no additional cost among low-income households: insights from food purchases of “positive deviants”. *Am J Clin Nutr* **102**, 190-198.
31. Rehm C.D., Drewnovski A. & Monsivais P. (2015) Potential population-level nutritional impact of replacing whole and reduced-fat milk with low-fat and skim milk among US Children Aged 2-19 years. *J Nutr Educ Behav* **47**, 61-68.
32. Sidaner E., Balaban D. & Burlandy L. (2013) The Brazilian school feeding programme: an example of integrated programme in support of food and nutrition security. *Public Health Nutr* **16**, 989-994.
33. Souza A. de M., Pereira R.A., Yokoo E.M., Levy R.B. & Sichieri R. (2013) Most consumed foods in Brazil: National Dietary Survey 2008-2009. *Rev Saude Publica* **47**, 190-199

Chart 1. Optimization modelling description. Brazil, 2016.

Objective function	▪ = 1,740 calories (mean Estimated Energy Requirement – EER ¹)
Decision variables	▪ Main food items consumed in the sample (90% of the most common foods in children’s observed intake) (see table 2)
Constraints	<ul style="list-style-type: none"> ▪ HEI-2010 components scored in at least 80% of its maximum score (see table 1) ▪ Quantity of food items in accordance to their participation in the observed intake and their industrial processing (see table 2) ▪ Quantity of macro and micronutrients to achieve nutrition recommendations² (see table 3).

¹According to mathematical formulas proposed by the Institute of Medicine²¹.

²According do Institute of Medicine^{23,24} and World Health Organization²⁵ recommendations.

Table 1. Healthy Eating Index-2010 components, standard for scoring and participation in the observed intake and in the optimized model. Brazil, 2016.

Component	Maximum score	Minimum score	80% of maximum score	Observed intake (mean)	Optimized model	Optimized/observed
Total fruit (cup equivalents/1,000 kcal) ¹	≥0.80	0.00	≥0.64	0.46	1.07	2.33
Whole fruit (cup equivalents/1,000 kcal) ²	≥0.40	0.00	0.32	0.25	0.56	2.24
Total vegetable (cup equivalents/1,000 kcal) ³	≥1.10	0.00	0.88	0.95	1.25	1.32
Greens and beans (cup equivalents/1,000 kcal) ³	≥0.20	0.00	0.16	0.61	0.78	1.28
Whole grains (oz equivalents/1,000 kcal)	≥1.50	0.00	1.20	0.21	1.26	6.00
Dairy (cup equivalents/1,000 kcal) ⁴	≥1.30	0.00	1.04	0.46	1.30	2.80
Total protein foods (oz equivalents/1,000 kcal) ⁵	≥2.50	0.00	2.00	2.78	4.69	1.69
Seafood and plant proteins (oz equivalents/1,000 kcal) ^{5,6}	≥0.80	0.00	0.64	0.66	2.39	3.62
Fatty acids ⁷	≥2.50	≤1.20	≥ 2.24	1.57	2.65	1.69
Refined grains (oz equivalents/1,000 kcal)	≤1.80	≥4.30	≤2.30	5.82	2.30	0.40
Sodium (mg/1,000 kcal)	≤1,100.00	≥2,000.00	≤ 1,280.00	1,558.00	1,280.00	0.82
Empty calories (% of energy) ⁸	≤19.00%	≥50.00%	≤ 25.20	24.50	15.9	0.65

¹ Includes fruit juice.

² Includes all forms except juice.

³ Includes any beans and peas not counted as Total Protein Foods.

⁴ Includes all milk products, such as fluid milk, yogurt, and cheese, and fortified soy beverages.

⁵ Beans and peas are included here (and not with vegetables) when the Total Protein Foods standard is otherwise not met.

⁶Includes seafood, nuts, seeds, soy products (other than beverages) as well as beans and peas counted as Total Protein Foods

⁷Ratio of poly- and monounsaturated fatty acids to saturated fatty acids.

⁸Calories from solid fats, alcohol, and added sugars; threshold for counting alcohol is >13 grams per 1,000 kcal.

Table 2. Main food items consumed by 9- to 10-year-old children from a Brazilian city and constraints and participation of its items in the optimized model. Brazil, 2016.

Variables	Observed intake				Optimized model				
	N	%	Mean (g)	Energy (kcal)	Type ¹	Constrains (of mean intake) ²	Weight (g)	Energy (kcal)	Optimized quantity/Mean
Sugar	1,505	6.16	16.94	65.56	Moderation	0.50 to 1.00	16.94	65.56	1.00
Rice	1,315	5.38	152.98	207.50	Adequacy	0.40 to 2.00	61.29	82.99	0.40
Beans	1,258	5.15	235.35	229.23	Adequacy	1.00 to 2.00	320.55	312.25	1.27
Non-industrialized bread	1,136	4.65	50.95	152.88	Adequacy	0.40 to 2.00	20.38	61.14	0.40
Milk ³	1,112	4.55	168.53	57.56	Adequacy	1.00 to 4.00	531.23	181.44	3.15
Cookies (stuffed, non-stuffed)	1,028	4.21	30.88	145.71	Moderation	0.10 to 1.00	3.09	14.58	0.10
Beef	987	4.04	49.16	97.83	Adequacy	1.00 to 2.00	49.16	97.83	1.00
Chicken meat	766	3.14	37.07	88.60	Adequacy	1.00 to 2.00	37.07	88.60	1.00
Flours (wheat, corn, cassava)	732	3.00	14.26	51.34	Adequacy	0.40 to 2.00	14.48	51.11	1.02
Juice powder	731	2.99	121.08	18.50	Moderation	0.10 to 1.00	121.08	18.50	1.00
Eggs	663	2.71	11.85	19.46	Adequacy	1.00 to 2.00	11.85	19.46	1.00
Chocolate powder milk drink	662	2.71	11.45	45.80	Moderation	0.10 to 1.00	11.45	45.80	1.00
Tomato	644	2.64	24.51	4.41	Adequacy	1.00 to 3.00	73.53	13.24	3.00
Coffee	595	2.44	45.18	0.45	Adequacy	= 1.00	45.18	0.45	1.00
Lettuce	594	2.43	10.30	1.55	Adequacy	1.00 to 3.00	12.28	1.84	1.20
Margarine	586	2.40	4.22	30.44	Moderation	0.10 to 1.00	0.42	3.03	0.10

Soda	521	2.13	77.76	28.69	Moderation	0.10 to 1.00	7.78	2.87	0.10
Butter	493	2.02	4.94	35.40	Moderation	0.50 to 1.00	2.47	17.71	0.50
Oil	466	1.91	2.05	18.04	Moderation	0.50 to 12.0	22.68	199.54	11.06
Potato	459	1.88	24.61	47.71	Adequacy	1.00 to 3.00	24.61	47.71	1.00
Pasta	410	1.68	33.27	52.76	Adequacy	0.40 to 2.00	13.31	21.09	0.40
Tomato sauce	379	1.55	6.70	1.60	Moderation	0.10 to 1.00	0.67	0.16	0.10
Sausage	370	1.52	10.55	41.60	Moderation	0.10 to 1.00	1.06	4.18	0.10
Ham	352	1.44	6.47	14.53	Moderation	0.10 to 1.00	0.65	1.46	0.10
Carrots	331	1.36	6.29	2.32	Adequacy	1.00 to 3.00	6.29	2.32	1.00
Candies	308	1.26	2.19	8.56	Moderation	0.10 to 1.00	1.56	6.17	0.71
Apple	250	1.02	25.57	13.30	Adequacy	1.00 to 3.00	76.71	39.89	3.00
Mozzarella	232	0.95	4.51	14.34	Moderation	0.10 to 1.00	0.45	1.43	0.10
Orange juice	227	0.93	28.15	13.23	Adequacy	1.00 to 3.00	84.45	39.69	3.00
Pork	218	0.89	17.55	58.07	Adequacy	1.00 to 2.00	17.55	58.07	1.00
Banana	186	0.76	10.16	9.04	Adequacy	1.00 to 3.00	30.48	27.13	3.00
Yogurt	182	0.75	14.83	14.64	Moderation	0.10 to 1.00	14.83	14.64	1.00
White cheese	164	0.67	4.02	9.65	Adequacy	1.00 to 2.00	4.02	9.65	1.00
Cream milk	163	0.67	3.60	10.52	Moderation	0.50 to 1.00	1.80	5.26	0.50
Chips	157	0.64	5.36	29.95	Moderation	0.10 to 1.00	0.54	2.99	0.10
Canned corn	156	0.64	1.18	0.96	Adequacy	1.00 to 55.00	62.36	50.51	52.85
Lemon juice	151	0.62	19.18	5.75	Adequacy	1.00 to 3.00	57.54	17.26	3.00
Cabbage	144	0.59	2.51	0.72	Adequacy	1.00 to 3.00	7.53	2.15	3.00

Green collard	135	0.55	4.19	1.84	Adequacy	1.00 to 3.00	12.57	5.52	3.00
Chocolate bar	133	0.54	2.66	14.23	Moderation	0.10 to 1.00	2.66	14.23	1.00
Banana juice	130	0.53	13.39	11.92	Adequacy	1.00 to 3.00	40.17	35.75	3.00
Industrialized bread	124	0.51	4.19	11.07	Moderation	0.10 to 1.00	0.42	1.11	0.10
Mayonnaise	107	0.44	1.27	3.36	Moderation	0.10 to 1.00	0.13	0.34	0.10
Orange	103	0.42	9.84	4.62	Adequacy	1.00 to 3.00	29.52	13.87	3.00
Passion fruit juice	93	0.38	12.06	11.70	Adequacy	1.00 to 3.00	36.18	35.09	3.00
Beet	91	0.37	2.37	0.96	Adequacy	1.00 to 3.00	2.37	0.96	1.00
Condensed milk	84	0.34	2.39	0.75	Moderation	0.10 to 1.00	0.24	0.76	0.10
Bacon	81	0.33	0.50	2.70	Moderation	0.10 to 1.00	0.05	0.27	0.10
Potato sticks	81	0.33	1.24	6.77	Moderation	0.10 to 1.00	0.12	0.68	0.10
Hamburger	69	0.28	2.40	5.70	Moderation	0.10 to 1.00	0.24	0.57	0.10
Cream cheese	67	0.27	0.71	1.62	Moderation	0.10 to 1.00	0.07	0.16	0.10

¹Adequacy: Natural and processed foods. Moderation: ultra-processed products and culinary ingredients.

²Final constraints that allowed to reach a solution for the optimization modelling.

³Whole milk in the observed diet and skimmed milk in the optimized diet.

Table 3. Energy and nutrient content in the observed intake and in the optimized model in accordance to minimum and maximum recommendations. Brazil, 2016.

Diet item	Minimum	Maximum	Observed intake	Optimized model
<i>Macronutrients</i>				
Carbohydrates (%) ¹	45.0	65.0	53.2	54.3
Fibers (g) ¹	31.0	-	19.5	31.0
Proteins (%) ¹	10.0	30.0	16.4	18.7
Fats (%) ¹	25.0	35.0	30.8	27.7
Polyunsaturated fats (%) ²	11.0	-	6.7	11.0
Saturated fats (%) ²	-	8.0	11.2	7.0
Trans fats (%) ²	-	1.0	1.8	0.5
Cholesterol (mg) ¹	-	300.0	206.8	168.2
<i>Micronutrients</i>				
Sodium (mg)	-	2,300.0	2,791.9	2,227.2
Calcium (mg) ³	1,100.0	2,500.0	568.5	1,100.0
Magnesium (mg) ³	200.0	350.0	217.9	315.9
Iron (mg) ³	5.9	40.0	11.1	12.9
Zinc (mg) ³	7.0	23.0	10.4	11.1
Vitamin C (mg) ³	39.0	1,200.0	45.3	124.9
Vitamin A (mcg) ³	445.0	1,700.0	541.9	1,035.9

¹According to Institute of Medicine²¹.

²According to World Health Organization²⁵.

³According to Institute of Medicine^{23,24}. The minimum amount represents the Estimated Average Requirement (EAR) and the maximum amount represents the Tolerable Upper Intake Level (UL).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apontou as principais inadequações na qualidade da dieta habitual de crianças de escolas municipais de Belo Horizonte, que foram relacionadas ao consumo de “grãos refinados”, “ácidos graxos”, “leite e derivados” e “sódio”. Além disso, nenhuma criança pontuou mais que 80 no HEI-2010 e a média do escore total do índice ficou próxima a 55%. Não foram notadas diferenças entre o escore do HEI-2010 e as categorias de sexo, risco de vulnerabilidade social e consumo de refeições escolares.

A partir deste diagnóstico, a otimização da qualidade da dieta foi realizada tendo em vista o consumo alimentar e a necessidade energética e nutricional na amostra. Visando prover uma dieta de alta qualidade para as crianças em estudo, alterações substanciais no padrão de consumo alimentar são necessárias. A substituição do leite integral pelo desnatado é imperativa, assim como o aumento do seu consumo e de grãos integrais, óleo vegetal, frutas, verduras e legumes. A ingestão de produtos ultraprocessados e de grãos refinados, por sua vez, deve ser reduzida.

Este estudo é o primeiro a realizar o ajuste da distribuição da qualidade da dieta de crianças brasileiras pela variabilidade intrapessoal e a implementar a otimização da dieta pela programação linear a partir de um índice de avaliação da qualidade da dieta. Os resultados obtidos podem contribuir para os programas de promoção da alimentação saudável vigentes no Brasil, destacando-se o PNAE, o PSE e o PEI. As alterações apontadas pelo estudo poderão ser utilizadas na definição do cardápio da alimentação escolar e das temáticas de ações de educação alimentar e nutricional desenvolvidas na escola.

Além disso, a partir dos resultados obtidos e da metodologia aplicada, sugere-se a condução de novos estudos que contemplem amostra de crianças de representatividade nacional e que incluam restrições relacionadas a disponibilidade de renda nos modelos de otimização da dieta no intuito de contribuir para o melhor entendimento quanto às alterações necessárias e possíveis para provimento de dieta de alta qualidade entre escolares brasileiros.

ANEXO 1 – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

Projeto: CAAE – 00734412.0.0000.5149

**Interessado(a): Profa. Luana Caroline dos Santos
Departamento de Enfermagem Materno Infantil e
Saúde Pública
Escola de Enfermagem - UFMG**


DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 11 de julho de 2012, o projeto de pesquisa intitulado "**Avaliação da merenda e educação alimentar e nutricional em unidades educacionais municipais: estratégias de promoção da saúde e da segurança alimentar e nutricional**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG**

ANEXO 2 – FOLHA DE APROVAÇÃO

	<p align="center">UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS</p> <p align="center">PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE</p>	<p align="center">UFMG</p>
---	--	-----------------------------------

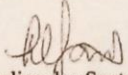
FOLHA DE APROVAÇÃO

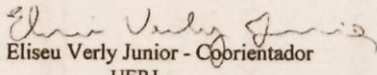
QUALIDADE DA DIETA DE CRIANÇAS DE ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS DE BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS: AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO

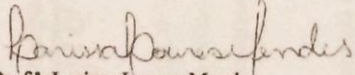
PAULA MARTINS HORTA

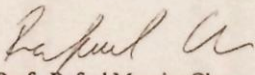
Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - Saúde da Criança e do Adolescente, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ciências da Saúde - Saúde da Criança e do Adolescente, área de concentração Ciências da Saúde.

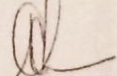
Aprovada em 13 de julho de 2016, pela banca constituída pelos membros:

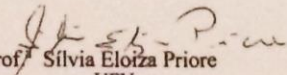

 Prof.ª Luana Caroline dos Santos - Orientadora
 UFMG


 Prof. Eliseu Verly Junior - Coorientador
 UERJ


 Prof.ª Larissa Loures Mendes
 UFMG


 Prof. Rafael Moreira Claro
 UFMG


 Prof.ª Milene Cristine Pessoa
 UFOP


 Prof.ª Sílvia Eloíza Priore
 UFV

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Questionário de coleta de dados



Avaliação da alimentação escolar e educação alimentar e nutricional em unidades educacionais municipais:
estratégias de promoção de saúde e de segurança alimentar e nutricional.



ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

Número de identificação: _____ Data da entrevista: ____/____/____
Escola: _____ Regional: _____
Nome do aluno: _____ Turma: _____

II HABITOS ALIMENTARES DA CRIANÇA

☞ Entrevistador pergunte à criança

1.1) Geralmente, quantas refeições você faz por dia (incluindo café da manhã, lanches e alimentação na escola)? _____

1.2) Geralmente em quantos dias da semana você toma café da manhã? _____ dias

1.3) Geralmente em quantos dias da semana você realiza o jantar? _____ dias

1.4) Quantos copos de água você bebe por dia? _____ mL (copo requeijão: 260 mL; americano: 160 mL)

1.5) Você tem o hábito de comer na frente da TV/video game/computador? (0) Não (1) Sim

1.6) Você consome a refeição oferecida na escola no mínimo 3 vezes por semana? (0) Não (1) Sim ☞ Se não, vá para a questão 1.7

(0) Café-da-manhã (1) Almoço (2) Prato único (8) Não se aplica.

1.7) Você possui o hábito de comprar os alimentos que aparecem nas propagandas de alimentos na televisão?

(0) Não (1) Sim. ☞ Se sim, quais: _____

1.8) NOS ÚLTIMOS 8 MESES, com que frequência você comeu?

Alimento/grupo	Frequência
1.8.1) Frutas	V.8.1.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca V.8.1.2) Principal motivo para não consumir pelo menos 5 vezes por semana (se aplicável): _____
V.8.2) Folhas (alfaca, couve, etc.)	V.8.2.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.3) Legumes (tomate, abóbora, etc.) (exceto batata, mandioca, cará, inhame)	V.8.3.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.4) Leite	V.8.4.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.5) Derivados do leite (queijos, iogurtes, bebidas lácteas)	V.8.5.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.6) Feijão	V.8.6.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.7) Carnes em geral (boi, porco, frango)	V.8.7.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.8) Suco natural/garrafa	V.8.8.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.9) Embutidos (salsicha, salame, etc.) e/ou empanados de frango ("nuggets")	V.8.9.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.10) Macarrão instantâneo ("miojo")	V.8.10.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.11) Biscoitos recheados	V.8.11.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.12) Guloselmas (doce, bala, chiclets, chocolate) e/ou Sorvetes	V.8.12.1) () Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca

ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

V.8.13) Salgados (coxinha, pastel, etc.) e/ou Sanduiche (hambúrguer, etc.)	V.8.13.1)()Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.14) Salgadinhos tipo "chips"	V.8.14.1)()Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.15) Refrigerante	V.8.15.1)()Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.16) Suco em pó	V.8.16.1)()Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca
V.8.17) Frituras	V.8.17.1)()Número vezes (1)Dia (2)Semana (3)Mês (4)Raro/Nunca

II) 1º RECORDATORIO ALIMENTAR DE 24 HORAS

II.1) O 1º Recordatório Alimentar de 24 horas refere-se a qual dia da semana?

(0) Domingo (1) Segunda-feira (2) Terça-feira (3) Quarta-feira (4) Quinta-feira (5) Sexta-feira

Refeição	Alimento ¹	Quantidade ²
Café da manhã		
Lanche da manhã		
Almoço		
Lanche da tarde		
Jantar		

Lopes ALC, Ferreira AD, Santos LC. Atendimento Nutricional na Atenção Primária à Saúde: Proposição de Protocolos. *Nutrição em Pauta*, 2010; 18: 40-44.

ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

Cela		
"Bolicos"		

¹ Registrar se o café/suco tem ou não açúcar, registrar se pão ou biscoitos com ou sem manteiga/margarina. Registrar café de leite e modo de preparo (assado, cozido, frito - imersão). ² Registre a medida caseira, incluindo tipo de medida (colher de sopa, colher de servir, xícara de chá ou xícara de café, copo lagoinha ou copo duplo etc.) e quantidade da medida (colher rasa, média ou cheia).

Observações:

III) 2º RECORDATÓRIO ALIMENTAR DE 24 HORAS

III.1) O 2º Recordatório Alimentar de 24 horas refere-se a qual dia da semana?

(0) Domingo (1) Segunda-feira (2) Terça-feira (3) Quarta-feira (4) Quinta-feira (5) Sexta-feira

Refeição	Alimento ¹	Quantidade ²
Café da manhã		
Lanche da manhã		
Almoço		

Lopes ALC, Ferreira AD, Santos LC. Atendimento Nutricional na Atenção Primária à Saúde: Proposição de Protocolos. *Nutrição em Pauta*, 2010; 18: 40-44.

ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

Lanche da tarde		
Jantar		
Cela		
"Belicoso"		

¹ Registrar se o café/suco tem ou não açúcar, registrar se pão ou biscoitos com ou sem manteiga/margarina. Registrar corte da carne e modo de preparo (assado, cozido, frito - imersão). ² Registre a medida caseira, incluindo tipo de medida (colher de sopa, colher de servir, xícara de chá ou xícara de café, copo leguinha ou copo duplo etc.) e quantidade de medida (colher rasa, média ou cheia).

Observações:

IV) ANTROPOMETRIA

IV.1) Peso: _____ kg IV.2) Altura: _____ m IV.3) Circunferência da Cintura (CC): _____ cm

V) PERCEPÇÃO CORPORAL E HÁBITOS DE SAÚDE

V.1) Qual a forma corporal mais parecida com o seu corpo? _____ ⁴ Entrevistador: mostrar e registrar o número da forma escolhida pela criança

V.2) Qual a forma corporal que você gostaria de ter? _____ ⁴ Entrevistador: registrar número da forma escolhida pela criança

V.3) Você pratica alguma atividade física (inclui atividades dentro e fora da escola)? (0) Não (1) Sim ⁴ Se não vá para a questão II.4

Lopes ALC, Ferreira AD, Santos LC. Atendimento Nutricional na Atenção Primária à Saúde: Proposição de Protocolos. *Nutrição em Pauta*, 2010; 18: 40-44.

ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

Se sim:

V.3.1) Quantas vezes por semana? _____ vezes/semana

V.3.2) Quanto tempo você gasta praticando atividade física em cada vez? _____ horas

V.4) Em média, quanto tempo por dia você gasta assistindo TV ou no computador/vídeo game/celular? _____ horas

VII) QUESTÕES SOBRE CONHECIMENTOS EM NUTRIÇÃO

Entrevistador para o participante: Agora, iremos te fazer seis perguntas e em cada uma delas você terá que nos falar qual das alternativas você acha que é a resposta correta. Não se preocupe em acertar as respostas, pois em breve vamos trabalhar cada tema!

- 1 - O que é uma alimentação saudável?
 - a) É uma alimentação que é apenas saborosa.
 - b) É uma alimentação que possui tudo o que a gente precisa para crescer, desenvolver e manter a saúde.
 - c) É uma alimentação com muitos doces, biscoitos recheados, refrigerantes e sucos artificiais.
- 2 - Nos lanches da escola e dos horários de lazer quais alimentos deveriam ser consumidos?
 - a - Alimentos saudáveis como as frutas.
 - b - Doces e refrigerantes
 - c - Salgados fritos (exemplo: pastel e coxinha) e bolachas recheadas.
- 3 - Qual a importância das vitaminas e minerais presentes nas frutas, verduras e legumes?
 - a- São importantes para o nosso crescimento e desenvolvimento.
 - b- São importantes apenas quando estamos doentes.
 - c- São importantes para colorir o nosso prato.
- 4 - Para você, o que é aproveitamento integral dos alimentos?
 - a - É quando utilizamos as partes estragadas dos alimentos.
 - b - É quando jogamos no lixo partes dos alimentos como talos, cascas, folhagens e sementes
 - c - É quando utilizamos todas as partes dos alimentos, tais como as sementes, farelos, talos, folhas e cascas.
- 5- O que acontece quando ingerimos um alimento contaminado?
 - a- Doenças no estômago e intestino, com náuseas, vômitos, dor de barriga, diarreia e mal estar.
 - b- Ganhamos mais força, pois os microorganismos presentes em alimentos contaminados fazem bem para nossa saúde.
 - c- Podemos ter resfriado, tosse ou dor no ouvido.
- 6- Qual a importância do uso de avental e touca ao preparar os alimentos?
 - a- Garantir a higiene durante a preparação dos alimentos, para evitar a contaminação.
 - b- Não sujar a roupa da pessoa que está preparando os alimentos.
 - c- Não contaminar os colegas que estão por perto.

VIII) QUESTÕES SOBRE O SONO - ESK (Escola de Sonolência de Karolinska)

Entrevistador para o participante: Agora, iremos te fazer sete perguntas e em cada uma delas você terá que nos falar o horário que você dorme e acorda e qual das alternativas você acha que é a resposta correta.

VIII.1) Qual o seu horário de dormir e acordar?

Dias da semana	Horário de dormir	Horário de acordar
de segunda a quinta-feira	_____	_____
VIII.2) de sexta-feira para sábado	_____	_____
VIII.3) de sábado para domingo	_____	_____
VIII.4) de domingo para segunda-feira	_____	_____

VIII.2) Você tem o hábito de tirar uma soneca (cochilar durante o dia)? () nunca () às vezes () sempre.

VIII.2.1) Quando cochila, o faz por quanto tempo? _____

VIII.3) Quando você dorme, você costuma: roncar? () nunca () às vezes () sempre () não sei

VIII.3.1) mexer as pernas? () nunca () às vezes () sempre () não sei

VIII.3.2) falar dormindo? () nunca () às vezes () sempre () não sei

VIII.3.3) andar dormindo? () nunca () às vezes () sempre () não sei

Lopes ALC, Ferreira AD, Santos LC. Atendimento Nutricional na Atenção Primária à Saúde: Proposição de Protocolos. Nutrição em Pauta, 2010; 18: 40-44.

ANAMNESE NUTRICIONAL LINHA DE BASE

- VIII.4) Você sente dificuldade para pegar no sono? () nunca () às vezes () sempre
 VIII.5) Durante os últimos 30 dias (no geral) como você classificaria a qualidade de seu sono?
 () muito boa () boa () ruim () muito ruim
 VIII.6) Marque o horário que você estuda(ou) atualmente: () manhã () tarde () noite
 VIII.6.1) 2014: () manhã () tarde () noite ()
 VIII.6.2) 2013: () manhã () tarde () noite ()
 VIII.6.3) 2012: () manhã () tarde () noite ()
 VIII.6.4) 2011: () manhã () tarde () noite ()
 VIII.6.5) 2010: () manhã () tarde () noite ()
 VIII.7) Você costuma tomar banho antes de ir para a escola? () sempre () às vezes () nunca

VIII) QUESTÕES SOBRE COMPORTAMENTO SOCIAL - QCD (Questionário de Capacidades e Dificuldades)

Entrevistador para o participante: Agora, iremos te fazer 26 perguntas e em cada uma delas você terá que nos falar qual das alternativas você acha que é a resposta correta.

Responda às questões:	Falso	Mais ou menos verdadeiro	Verdadeiro
Escala 1			
VIII.1) "Não consegue parar sentado quando tem que fazer a lição ou comer; mexe-se muito, esbarrando nas coisas e quebrando-as."			
VIII.2) Está sempre agitado, balançando as pernas ou mexendo as mãos.			
VIII.3) Facilmente perde a concentração.			
VIII.4) Pensa antes de fazê-las.			
VIII.5) Completa as tarefas que começa, tem boa concentração.			
Escala 2			
VIII.6) Muitas vezes se queixa de dor de cabeça, dor de barriga ou de enjôo.			
VIII.7) Tem muitas preocupações, muitas vezes parece estar preocupado com tudo.			
VIII.8) Frequentemente parece triste, desanimado ou choroso.			
VIII.9) Fica inseguro quando tem que fazer alguma coisa pela primeira vez; facilmente perde a confiança em si mesmo.			
VIII.10) Tem muitos medos e assusta-se facilmente.			
Escala 3			
VIII.11) Frequentemente tem acesso de raiva ou crise de birra.			
VIII.12) Geralmente é obediente e faz o que os adultos lhe pedem.			
VIII.13) Frequentemente briga com outras crianças ou amedronta-as.			
VIII.14) Frequentemente engana ou mente.			
VIII.15) Rouba coisas de casa, da escola ou de outros lugares.			
Escala 4			
VIII.16) É solitário, prefere brincar sozinho.			
VIII.17) Tem pelo menos um bom amigo ou amiga.			
VIII.18) Em geral é querido por outras crianças.			
VIII.19) Ajoia outras/outras crianças pegam no pé ou atormentam-no.			
VIII.20) Dá-se melhor com adultos que com crianças.			
Escala 5			
VIII.21) Tem consideração pelos sentimentos de outras pessoas.			
VIII.22) Tem boa vontade de compartilhar doces, brinquedos, lápis, etc com outras pessoas.			
VIII.23) Tenta ser atencioso(a) se alguém parece magoado, aflito ou se sentindo mal.			
VIII.24) É gentil com crianças mais novas.			
VIII.25) Frequentemente se oferece para ajudar outras pessoas (pais, professores e outras crianças).			

APÊNDICE 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Sobre a participação da criança no estudo)

(Em atendimento à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde / Ministério da Saúde)

“Ações integradas de educação alimentar e nutricional em unidades educacionais municipais: promoção de saúde e da segurança alimentar e nutricional”

Fui informado(a) que na escola em que estuda meu(minha) filho(a), será realizada uma ação educativa sobre alimentação saudável e que tem como objetivo não só conhecer a alimentação da criança para auxiliá-la a efetuar melhorias, como também caracterizar de modo geral a saúde e dieta dos pais. No que diz respeito à avaliação de meu(minha) filho(a), neste estudo serão tomadas medidas de peso, altura e circunferência da cintura por meio de balança eletrônica, estadiômetro e fita métrica, respectivamente, com o(a) mesmo(a) vestindo roupas leves. Esta avaliação será feita em ambiente isolado e sem a presença de outro participante da pesquisa.

Além disso, meu(minha) filho(a) responderá um questionário de frequência alimentar e perguntas sobre os hábitos alimentares e ingestão alimentar. Adicionalmente, será avaliada a percepção corporal de meu(minha) filho(a) e a frequência de realização de atividade física, além da qualidade do sono e do comportamento social.

A participação no estudo não implica riscos para a saúde do meu(minha) filho(a).

As informações obtidas neste estudo serão úteis ao trabalho da Secretaria Municipal Adjunta de Segurança Alimentar e Nutricional, proporcionando contribuição científica na área de alimentação escolar. Além disso, terei acesso ao diagnóstico nutricional de meu(minha) filho(a) e ele(a) poderá ser encaminhado(a) para atendimento especializado à Unidade Básica de Saúde mais próxima de sua residência, se fizer necessário. Eu não receberei qualquer benefício material pela participação de meu(minha) filho(a).

Qualquer informação pessoal obtida nesta investigação será confidencial, enquanto os dados científicos poderão ser apresentados em congressos e publicados em revistas científicas, sem a identificação de meu(minha) filho(a). A participação do(a) mesmo(a) no estudo será totalmente voluntária e a minha recusa em participar não irá acarretar em qualquer penalidade ou perda de benefícios.

A partir disso, declaro que li ou foi lido para mim o presente termo e que entendi as informações acima. Tive a oportunidade de fazer perguntas e esclarecer minhas dúvidas. Assim, concordo voluntariamente e consinto em participar do estudo, ciente que poderei retirar meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem quaisquer prejuízos.

Nome da criança: _____

Nome da mãe ou responsável: _____

Assinatura da mãe ou responsável: _____

Assinatura do pesquisador responsável: _____

Declaro que obtive de forma voluntária o **Consentimento Livre e Esclarecido** para participação neste estudo.

Belo Horizonte, ____ de _____ de 2014,

Se houver alguma informação ou esclarecimento que deseje receber favor entrar em contato com a coordenadora da pesquisa, Luana Caroline dos Santos, telefone (31) 3409-8036 ou com a subcoordenadora Simone Cardoso Lisboa Pereira (31) 3409-9847, ambas do Departamento de Nutrição da Escola de Enfermagem da UFMG,

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa

Avenida Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II – 2º andar, Campos Pampulha –

Belo Horizonte – MG – Brasil, CEP: 31,270-901,

Telefone/FAX:3409-4592 – Email: coep@prpq.ufmg.br