



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Suely Freitas da Cruz¹
Leticia Renata da Costa²
Marcos Antônio Alves³
Nayara Teixeira dos Santos⁴

Recebido em: 05/2021
Aprovado em: 07/2021

RESUMO

Este artigo teve como objetivo propor um cardápio semanal de custo mínimo para crianças entre 1 e 5 anos matriculadas em uma creche municipal pública em Minas Gerais. O modelo matemático proposto levou em consideração os 32 alimentos mais utilizados na creche, sujeito aos valores nutricionais mínimos que uma criança necessita diariamente para uma dieta saudável e equilibrada. O método de resolução foi o Simplex e os resultados encontrados indicam um menu diversificado e com custo real 44% menor do que o atual não otimizado. Alimentos como o arroz e o feijão permaneceram como alimentos regulares, seguido de outras opções como carnes e vegetais. A abordagem proposta pode ser estendida para instituições de ensino infantil, públicas e privadas, que buscam reduzir seus custos orçamentários e, ao mesmo tempo, necessitam fornecer uma dieta saudável aos seus alunos.

Palavras-chave: Merenda Escolar Infantil. Minimização de Custos. Programação Linear. Qualidade da alimentação.

WEEKLY SCHEDULE PROPOSAL FOR A MINIMUM COST FOR CHILDREN IN A PUBLIC SCHOOL

ABSTRACT

This paper aimed to propose a weekly menu of minimum cost for children between 1 and 5 years old enrolled in a local public daycare in Minas Gerais state. The proposed mathematical model took into consideration the 32 most used foods often available in the school, subject to the minimum nutritional values that a child needs daily for a healthy and balanced diet. The Simplex was used as solver, and the results indicate a suitable menu with a final cost 44% lower than the current non-optimized one. Foods such as rice and beans remained as regular Brazilian foods, followed by other options such as meat and vegetables. The proposed

¹ Instituto Federal de Minas Gerais-Formiga/MG.

² Instituto Federal de Minas Gerais-Formiga/MG.

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Minas Gerais/MG.

⁴ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais-Araçuaí/MG.



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

approach can be extended by public and private child education institutions, which aim to reduce their budgetary costs while provide a healthy diet to their students.

Keywords: Children's School Lunch. Cost Minimization. Linear Programming. Food quality.



1. INTRODUÇÃO

A infância é considerada um período decisivo na vida de um indivíduo. Nesta fase, o desenvolvimento é fortemente influenciado por fatores nutricionais e metabólicos. De acordo com Monte e Giugliani (2004) “a alimentação da criança, desde o nascimento e nos primeiros anos de vida, tem repercussões ao longo de toda a vida”. Os cuidados com refeições saudáveis são necessários, pois os danos à saúde podem surgir como consequência da insuficiência de nutrientes nas refeições (BRASIL, 2009).

As instituições educativas como escolas, creches e pré-escolas possuem um papel importante na alimentação infantil. O artigo 208 inciso VII da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB/88) deixa claro que a alimentação em todas as etapas da educação básica é um direito do brasileiro (BRASIL, 2016). Em harmonia com o artigo 2º inciso I da Lei 11.947, de 16 de junho de 2009 da CRFB que determina que alimentação escolar deve ser saudável, adequada e possuir alimentos variados para contribuir com o crescimento e desenvolvimento dos alunos a fim de melhorar o rendimento escolar individual (BRASIL, 2009).

Cumprindo o disposto na CRFB/88, os alimentos selecionados para integrarem o cardápio escolar diário de uma criança devem conter frutas, verduras, legumes, grãos, sucos de frutas naturais, pães e biscoitos integrais. Eles são os responsáveis por fornecer energia suficiente para o desenvolvimento físico e intelectual do indivíduo. O almoço, uma das principais refeições do dia, pode conter o popular arroz com feijão complementado de outras opções alimentares (BARBOSA, 2007).

A fim de encontrar soluções de baixo custo e resolver o problema das dietas escolares, é comum encontrar na literatura pesquisas que utilizam a Programação Linear (PL) como ferramenta de apoio a decisão. Amaral, Almeida e Ferreira (2016) objetivaram minimizar os gastos com uma dieta considerando informações concedidas por um nutricionista para a construção das restrições. Santos e Sampaio (2016) otimizaram o custo de produção de uma refeição, a qual foi direcionada a uma empresa privada de serviços alimentícios em que atendesse a todos os requisitos nutricionais de um indivíduo do sexo masculino. Silva *et al.* (2010) aplicaram PL em três diferentes casos. Um deles visava a redução de custos referente a uma dieta alimentar que fornecesse diariamente toda a energia, proteína e cálcio que um indivíduo adulto necessitava. Carvalho, Cabral e Moraes (2013) indicaram que a composição



nutricional dos alimentos preparados fora de casa, como em restaurantes, sofre variações tanto no custo de produção, quanto na composição nutricional. Faria, Lima e Alves (2019) propuseram uma refeição de custo mínimo para crianças de uma creche, porém o estudo só contemplava uma refeição.

Um ponto em comum entre os autores antes mencionados e ressaltado por Akutsu *et al.* (2005) é a importância da padronização na preparação e a necessidade de seguir a ficha técnica para preparação dos alimentos. Esta padronização pode ser resolvida por meio do conhecimento prévio dos menus de tal forma que possam ser planejados e preparados com mais tempo e cuidado.

Outro foco de pesquisas tem sido na qualidade nutricional das merendas escolares, como avaliaram Pegolo e Silva (2010), Abranches *et al.* (2009), Silva e Gregório (2012) e Dias *et al.* (2012). Em alguns casos os pesquisadores encontraram resultados satisfatórios, ou seja, aquelas que atendiam os requisitos básicos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Todavia, Abranches *et al.* (2009) e Pegolo e Silva (2010), por exemplo, encontraram refeições que não eram equilibradas, do ponto de vista nutricional, servindo como um alerta para as escolas e pais. O que se acredita, nestes casos, é que elaborar menus com baixo custo e que contenha a quantidade nutricional adequada é um desafio diário para muitos gestores. Inclui-se, ainda, a falta de recursos essenciais tais como limitações orçamentárias e até mesmo qualificação e acompanhamento profissional para a elaboração dos menus.

A motivação para esta pesquisa se dá, especialmente, pela carência de investigações que proponham cardápios semanais para escolas infantis públicas, com foco naquelas que atendem crianças de 1 a 5 anos de idade. Como antes mencionado, a alimentação para crianças em idade escolar, especialmente nos anos iniciais, é fundamental para um bom desenvolvimento do aluno. É sabido também que as escolas possuem um profissional responsável pelo seu cardápio e que este profissional pode ser apoiado por um modelo que forneça um cardápio equilibrado, saudável e com o menor custo possível.

Diante do exposto, este artigo propõe um modelo matemático que descreve a elaboração de um cardápio semanal para uma instituição pública infantil a fim de minimizar os custos e que mantenha as propriedades necessárias para uma boa alimentação de crianças com faixa etária de 1 a 5 anos de idade, propriedades estas estabelecidas pelo PNAE. Como caso prático e a fim de validar a proposta, utilizou-se dados de uma creche localizada no



centro-oeste de Minas Gerais. Os alimentos necessários para composição do menu foram escolhidos a partir de informações disponibilizadas pela diretoria da instituição e outros foram acrescidos a fim de aumentar a variedade no menu.

O restante deste trabalho é organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta um panorama geral da alimentação infantil e as aplicações de PL como abordagem de otimização dos custos. A Seção 3 descreve os alimentos utilizados, a modelagem proposta e suas restrições. A Seção 4 apresenta e discute os resultados. A Seção 5 conclui a pesquisa e dá indicações de futuros estudos. Por fim, são indicadas as referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. DESAFIOS E PERCEPÇÕES COM A ALIMENTAÇÃO INFANTIL SAUDÁVEL

São muitos os desafios para uma alimentação saudável e equilibrada para crianças. Entre os aspectos sociais que a influenciam estão: hábitos familiares, disponibilidade de recursos financeiros, organização do tempo para a preparação, ambiente escolar e influência da mídia (BENTO; ESTEVES; FRANÇA, 2015; MELO *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019; VIEIRA; OLIVEIRA; MELLO, 2019; COSTA *et al.*, 2019; PEDREIRA *et al.*, 2019). Um ponto em comum entre estes autores é que a defasagem na alimentação prejudica diretamente a criança e seu desenvolvimento cognitivo. Além disso, podem surgir problemas como a obesidade e preconceito social (OLIVEIRA *et al.*; 2019).

Piasetzki e Boff (2018) revisaram a literatura entre 2007 e 2017 e abordaram a formação de hábitos alimentares durante a infância. As autoras indicaram que a alimentação equilibrada e características de um estilo de vida mais saudável iniciam desde a infância. Este apontamento relaciona-se com as pesquisas de Vieira, Oliveira, Mello (2019), Pedreira *et al.* (2019) e Costa *et al.* (2019) que alertaram sobre a necessidade de maior engajamento familiar com as questões de alimentação e da educação alimentar para as crianças, inclusive dentro das creches e escolas onde elas estudam. Costa *et al.* (2019), por exemplo, verificaram que as crianças de uma creche da rede municipal tinham conhecimento da importância da alimentação saudável, porém apresentavam dificuldades em distinguir os gêneros alimentícios. As autoras chamaram a atenção para a escola como locus para ações de educação alimentar.

Outras percepções sobre a alimentação infantil também podem ser obtidas na literatura. Melo *et al.* (2018) propuseram uma revisão da literatura acerca do elevado consumo



de alimentos industrializados e seus riscos à saúde. Retondario *et al.* (2015) discutiram o uso excessivo de sódio nas refeições (almoços e jantares) para crianças de 12 a 36 meses em creches municipais. Hipertensão arterial foi destacada como fator de risco e os autores indicaram uma necessidade de intervenção na população investigada. Oliveira *et al.* (2019) avaliaram a situação de crianças com obesidade, como se dá o comportamento da família diante do problema e as questões de preconceito social. Similar a este último, Battisti *et al.* (2016) identificaram uma associação positiva na percepção dos pais em relação à imagem corporal de seus filhos e entre a autopercepção da imagem corporal das crianças e dos adolescentes com o seu estado nutricional. Os resultados relacionam a percepção da imagem dos pais com a dos filhos e sugerem mudanças nos comportamentos das famílias. Torquato *et al.* (2018) avaliaram o estado nutricional de crianças assistidas em creches públicas municipais. Tendência de redução das taxas de desnutrição e elevação do sobrepeso na infância foram reportados. Como forma de amenizar tais problemas, Maximino *et al.* (2016) desenvolveram um protocolo de atendimento que pode ser adotado por profissionais de diferentes áreas no acompanhamento da alimentação de crianças e adolescentes.

Embora as pesquisas demonstrem elevada preocupação com as crianças e o desenvolvimento cognitivo delas, em casos práticos um fator que deve ser levado em consideração é o custo de produção. A economia na preparação de refeições em creches e escolas públicas é um desafio constante. Os recursos recebidos são sempre limitados e a tarefa de proporcionar um menu saudável variado torna-se complexa. Neste contexto, a literatura tem encontrado na PL um meio de resolver o problema em termos de redução de custos e equilíbrio nutricional.

2.2. PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO FERRAMENTA PARA MINIMIZAR CUSTO DE REFEIÇÃO

Propostas de dietas por modelagem matemática são assuntos discutidos por muito tempo na literatura especializada. Anderson e Earle (1983) apresentaram uma proposta de planejamento de dietas que pudessem ser elaboradas em países mais pobres utilizando PL e Programação por Metas (*Goal Programming (GP)*, em inglês). GP foi apontada como superior a PL para resolução de problemas desta natureza. Todavia, a ideia foi rebatida por Romero e Rehman (1984) que indicaram a PL como metodologia adequada para tal aplicação, discutindo também casos em que os valores nutricionais de cada alimento utilizado na



composição são desbalanceados. Mais tarde, Ferguson *et al.* (2004) desenvolveram uma abordagem com diretrizes alimentares eficazes utilizando PL.

Na literatura, as pesquisas que utilizam a PL como ferramenta para otimização focam, em sua maioria, ou na avaliação da qualidade da alimentação (ABRANCHES *et al.*, 2009; PEGOLO; SILVA, 2010; SILVA; GREGÓRIO, 2012; DIAS *et al.*, 2012) ou na elaboração de uma dieta para um público específico (AMARAL; ALMEIDA; FERREIRA, 2016; SANTOS; SAMPAIO, 2016; FARIA; LIMA; ALVES, 2019). O foco desta presente pesquisa está neste último, cuja proposta é otimizar os recursos existentes em uma creche pública e fornecer um menu semanal variado, de boa qualidade nutricional e com o menor custo possível.

Devido à natureza determinística deste problema, o método Simplex pode ser utilizado para sua resolução. Este método é, possivelmente, o mais clássico da Pesquisa Operacional (PO) e possui uma vasta gama de aplicações (SILVA *et al.*, 2010; MOREIRA, 2013). O Quadro 1 sumariza algumas pesquisas que tiveram como objetivo melhorar a eficiência nos processos alimentícios com esta abordagem. Simplex é um processo iterativo que permite melhor a solução em cada etapa, dadas as condições operacionais e quantidade de recursos. Com base no valor da função objetivo, em um ponto qualquer do espaço de busca, o procedimento consiste em procurar outro ponto que melhore o valor anterior. O processo finaliza quando não é possível continuar melhorando este valor, ou seja, quando se obtenha a solução ótima. Um passo-a-passo detalhado deste método pode ser encontrado em Moreira (2013).

Há também a aplicação de PL para resolução do problema da dieta proposto por Silva *et al.* (2010) e Moreira (2013), cujos exemplos possuíam um cunho mais didático. De acordo com o exposto no Quadro 1, mais recentemente Amaral, Almeida e Ferreira (2016) e Faria, Lima e Alves (2019) fizeram propostas similares à apresentada neste trabalho. O primeiro conseguiu reduzir o custo de uma refeição de forma que ela fosse equilibrada e segue uma tabela alimentícia orientada por um nutricionista. O segundo propôs uma refeição de baixo custo e que supria as necessidades de crianças de 1-3 anos de uma creche pública.



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Quadro 1: Utilização de PL para resolução de problemas de custo de alimentação

Autores	Objetivo	Principais resultados
Amaral, Almeida e Ferreira (2016)	Minimizar custos de uma dieta segundo informações de um nutricionista.	Uma refeição rica em energia, proteína e cálcio foi proposta. Foi necessário acrescentar ovo e feijão aos alimentos listados pela nutricionista para que a proposta fosse equilibrada e satisfatória.
Santos e Sampaio (2016)	Minimizar o custo de produção de uma refeição de uma empresa fornecedora de serviços alimentícios.	A solução encontrada propõe reduzir os custos anuais em R\$1.600.000,00 em comparação ao cenário atual não otimizado.
Lima e Pontes (2017)	Determinar a composição alimentar para crianças de 1-3 anos de uma associação beneficente.	O resultado apontou uma dieta 33,28% mais barata mensalmente quando comparada com o preço da cesta básica. Além disso, ela é equilibrada e atendia as necessidades básicas diárias.
Silva <i>et al.</i> (2019)	Demonstrar a importância da PL na indústria de alimentos.	Métodos como Simplex e Pontos Interiores foram discutidos e apresentados casos de sucesso com suas aplicações.
Faria, Lima e Alves (2019)	Propor uma dieta de custo mínimo para uma creche pública	Uma refeição foi proposta de forma que atingia 1/3 das necessidades nutritivas diárias das crianças.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3. METODOLOGIA

Como aplicação prática, esta pesquisa foi realizada em uma instituição educacional pública infantil que recebe crianças com idade entre 1 e 5 anos. Ela está situada na cidade de Formiga, centro-oeste de Minas Gerais e possui cerca de 118 alunos matriculados. Por sua responsabilidade social, a creche busca oferecer educação de boa qualidade. Pelo público matriculado e pelos horários, as crianças almoçam na instituição. Por isso é de fundamental importância que a alimentação seja nutritiva e balanceada, ao mesmo tempo que os seus custos de produção sejam os menores possíveis.



3.1. MODELAGEM MATEMÁTICA

O modelo proposto visa a preparação de um cardápio para o almoço. Foi escolhida esta refeição porque é a refeição mais completa que a creche oferece aos alunos. As demais são apenas complementos para esta. Os alimentos foram escolhidos a partir de informações disponibilizadas pela diretoria da creche e são, portanto, um caso real de estudo. Os itens são os comumente utilizados no cotidiano da instituição. Acrescentou-se ainda alguns alimentos correlatos e que podem ser substituídos seguindo/l a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). Foram fixados 32 alimentos que estão descritos na Tabela 1. Ela apresenta a variável de decisão (x) e o preço médio, em R\$, na época da escrita desta pesquisa, por cada 100 gramas (y), valor este utilizado na função e na formulação das restrições.

Tabela 1: Determinação dos itens fixados para a elaboração do menu, variáveis de decisão correspondentes e preço por cota de cada produto

Item	x	y
Abobrinha	x_1	0,439
Arroz	x_2	0,287
Batata cozida	x_3	0,190
Batata doce	x_4	0,340
Beterraba	x_5	0,375
Carne moída	x_6	1,324
Carne pedaço	x_7	1,450
Cenoura	x_8	0,208
Chuchu	x_9	0,210
Feijão carioca	x_{10}	0,545
Frango	x_{11}	0,864
Inhame	x_{12}	0,470
Macarrão espaguete	x_{13}	0,688
Mandioca cozida	x_{14}	0,465
Moranga	x_{15}	0,260
Repolho	x_{16}	0,178
Tomate	x_{17}	0,540
Linguiça	x_{18}	1,100
Sardinha	x_{19}	0,360



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Cará	x_{20}	0,299
Pepino	x_{21}	0,299
Abóbora madura	x_{22}	0,199
Berinjela	x_{23}	0,249
Vagem	x_{24}	0,799
Ervilha	x_{25}	0,825
Milho verde em conserva	x_{26}	0,950
Macarrão	x_{27}	0,900
Extrato de tomate	x_{28}	1,294
Batata frita	x_{29}	0,190
Mandioca frita	x_{30}	0,465
Lombo assado	x_{31}	1,100
Pernil assado	x_{32}	1,200

Fonte: Adaptado da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2006.

3.1.1. Função Objetivo

A Função Objetivo (FO), com suas variáveis de decisões e a composição do custo de cada cota fica definida, portanto, conforme Equação (1).

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } & 0,439x_1 + 0,287x_2 + 0,190x_3 + 0,340x_4 + 0,375x_5 + 1,324x_6 + \\ & 1,450x_7 + 0,208x_8 + 0,210x_9 + 0,545x_{10} + 0,581x_{11} + 0,470x_{12} + 0,688x_{13} + \\ & 0,465x_{14} + 0,260x_{15} + 0,260x_{16} + 0,540x_{17} + \\ & 1,100x_{18} + 0,360x_{19} + 0,299x_{20} + 0,299x_{21} + 0,199x_{22} + 0,249x_{23} + 0,799x_{24} + \\ & 0,825x_{25} + 0,950x_{26} + 0,900x_{27} + 1,290x_{28} + 0,190x_{29} + 0,465x_{30} + 1,100x_{31} + \\ & 1,200x_{32} \end{aligned} \quad (1)$$

3.1.2. Restrições Técnicas

Segundo o artigo 14 inciso IV da Resolução FNDE/CD nº 32/2006 (BRASIL, 2006b) as escolas, pré-escolas e creches, quando em tempo integral, devem oferecer através do cardápio escolar no mínimo 70% das necessidades nutricionais de seus alunos (BRASIL, 2016). A Portaria Interministerial nº66/2006 discorreu, ainda, que o almoço deve oferecer 30% dos nutrientes diários necessários de um indivíduo (BRASIL, 2006a).

A tabela fornecida pelo PNAE contempla o percentual das necessidades nutricionais diárias a ser coberta pelas escolas. Por meio desta foram utilizados os dados referentes às



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

propriedades nutricionais para a elaboração das restrições técnicas que o modelo deveria seguir (PNAE, 2009). Os nutrientes são: cálcio, magnésio, ferro, zinco e vitamina C. A relação de alimento e informação nutricional pode ser encontrada em PNAE (2009) e TACO (2011).

A creche estudada funciona em período integral e, portanto, deve servir três refeições por dia. Porém, como este trabalho limitou-se apenas no almoço, ao invés de basear-se na oferta de 70% das necessidades nutricionais dos alunos, foi utilizada 30% da cobertura necessária para adequar-se somente à preparação do almoço. A Tabela 2 detalha os valores mínimos de cada nutriente que devem ser oferecidos nesta refeição.

Tabela 2: Valor de nutrientes mínimos necessários para crianças de 1-5 anos

Nutrientes	Mínimo necessário em 100g
Cálcio	16,800
Ferro	0,150
Magnésio	2,730
Zinco	0,105
Vitamina C	0,525

Fonte: Adaptado do PNAE, 2009.

Para formulação das restrições considerou-se uma porção de 100g. A formulação das restrições foi realizada por meio do somatório do valor de cada nutriente contido nos alimentos multiplicado pela sua variável de decisão, sendo maior ou igual ao mínimo diário necessário. As restrições do modelo estão descritas na Equação (2) para cálcio, (3) para magnésio, (4) para ferro, (5) para zinco e (6) para vitamina C.

$$0,0100x_1 + 0,003x_2 + 0,0040x_3 + 0,017x_4 + 0,015x_5 + 0,004x_6 + 0,004x_7 + 0,026x_8 + 0,008x_9 + 0,027x_{10} + 0,006x_{11} + 0,012x_{12} + 0,019x_{13} + 0,190x_{14} + 0,035x_{16} + 0,007x_{17} + 0,008x_{18} + 0,550x_{19} + 0,005x_{20} + 0,010x_{21} + 0,008x_{22} + 0,011x_{23} + 0,041x_{24} + 0,022x_{25} + 0,002x_{26} + 0,019x_{27} + 0,029x_{28} + 0,006x_{29} + 0,023x_{30} + 0,020x_{31} + 0,018x_{32} \geq 16,800 \quad (2)$$

$$0,017x_1 + 0,006x_2 + 0,005x_3 + 0,011x_4 + 0,017x_5 + 0,017x_6 + 0,017x_7 + 0,014x_8 + 0,007x_9 + 0,042x_{10} + 0,014x_{11} + 0,029x_{12} + 0,027x_{14} + 0,009x_{16} + 0,011x_{17} + 0,018x_{18} + 0,035x_{19} + 0,015x_{20} + 0,009x_{21} + 0,009x_{22} + 0,009x_{23} + 0,018x_{24} + 0,023x_{25} + 0,02x_{26} + 0,029x_{28} + 0,014x_{29} + 0,095x_{30} + 0,018x_{31} + 0,027x_{32} \geq 2,730 \quad (3)$$



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

$$\begin{aligned} &0,0002x_1 + 0,0001x_2 + 0,0002x_3 + 0,0002x_4 + 0,0002x_5 + 0,0027x_6 + \\ &0,0027x_7 + 0,0001x_8 + 0,0001x_9 + 0,0013x_{10} + 0,0003x_{11} + 0,0004x_{12} + \\ &0,0009x_{13} + 0,0001x_{14} + 0,0002x_{16} + 0,0002x_{17} + 0,0009x_{18} + 0,0035x_{19} + \\ &0,0003x_{20} + 0,0001x_{21} + 0,0003x_{22} + 0,0002x_{23} + 0,0004x_{24} + 0,0014x_{25} + \\ &0,0006x_{26} + 0,0009x_{27} + 0,0021x_{28} + 0,0004x_{29} + 0,0003x_{30} + 0,0005x_{31} + \\ &0,0013x_{32} \geq 0,1500 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &0,0003x_1 + 0,0005x_2 + 0,0002x_3 + 0,0001x_4 + 0,0004x_5 + 0,0081x_6 + \\ &0,0081x_7 + 0,0002x_8 + 0,0001x_9 + 0,0007x_{10} + 0,0009x_{11} + 0,0003x_{12} + \\ &0,0008x_{13} + 0,0002x_{14} + 0,0001x_{15} + 0,0002x_{16} + 0,0001x_{17} + 0,003x_{18} + \\ &0,0016x_{19} + 0,0002x_{20} + 0,0001x_{21} + 0,0003x_{22} + 0,0001x_{23} + \\ &0,0003x_{24} + 0,0009x_{25} + 0,0005x_{26} + 0,0008x_{27} + 0,0004x_{28} + \\ &0,0004x_{29} + 0,0004x_{30} + 0,0018x_{31} + 0,0033x_{32} \geq 0,1050 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &0,0021x_1 + 0,0038x_3 + 0,0238x_4 + 0,0012x_7 + 0,0055x_9 + 0,0076x_{11} + \\ &0,0056x_{12} + 0,019x_{14} + 0,0212x_{17} + 0,005x_{21} + 0,0075x_{22} + 0,018x_{28} + \\ &0,0163x_{29} + 0,01243x_{31} \geq 0,525 \end{aligned} \quad (6)$$

De acordo com Barbosa (2007), os alimentos são sempre ingeridos sob alguma forma cultural. O arroz com feijão é um destes exemplos. Assim, considerando-se estes alimentos como tradicionais para os brasileiros e que segundo as regras estabelecidas pelo PNAE, restrições no modelo foram impostas para que houvesse a existência do arroz e feijão nas possíveis soluções.

A quantidade de arroz sugerida para crianças até 5 anos é, em média, 2 colheres de sopa. Brasil (2008) indicou que a quantidade sugerida de feijão deve seguir a proporção de 1 para 2 partes de arroz. Logo, foi necessário encontrar a proporção da quantidade em gramas de feijão em relação a de arroz. Utilizou-se, então, a tabela de medidas referidas para os alimentos consumidos no Brasil, fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) para elaborar as restrições das quantidades para estes componentes. A Equação (7) descreve a restrição em relação a quantidade necessária de arroz e a Equação (8) a de feijão.

$$x_2 = 50 \quad (7)$$

$$x_{10} = x_2 * 34\% \quad (8)$$

Com o intuito de evitar uma quantidade elevada de um determinado alimento na refeição, limitou-se a quantidade de cada possível item em 220 gramas, conforme Equação (9).

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{32} \leq 220 \quad (9)$$



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Em cada solução encontrada, os alimentos encontrados (exceto arroz e feijão) eram retirados das variáveis a fim de manter a variedade do cardápio. Isso foi possível nos dois primeiros dias da semana. Para os demais, buscou-se realocar aleatoriamente alimentos que já tinham aparecido no cardápio para que o solver encontrasse soluções viáveis. Essa estratégia foi utilizada para impedir que a mesma solução fosse proposta para toda a semana.

4. RESULTADOS

Utilizou-se o Solver do MS Excel para resolução do modelo matemático proposto. Foi encontrada uma solução e ela foi considerada satisfatória no contexto do problema. O menu proposto está descrito na Tabela 3. Ele representa a alternativa ótima, ou seja, de menor custo para cada dia da semana (segunda a sexta), com a repetição do arroz e do feijão e variação dos demais alimentos.

Tabela 3: Descrição das soluções com os alimentos utilizados para composição do menu semanal para crianças de 1-5 anos em uma creche pública (em gramas)

Itens	Variáveis	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
Abobrinha	x1					
Arroz	x2	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Batata cozida	x3					
Batata doce	x4			22,7		
Carne moída	x6		39,0			
Carne pedaço	x7				42,0	
Feijão carioca	x10	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Mandioca cozida	x14		83,0		84,3	75,9
Sardinha	x19	34,3		42,1		
Abobora madura	x22		30,9			
Ervilha	x25					66,8
Macarrão Rigatone	x27					10,53
Batata Frita	x29	32,0				
Mandioca Frita	x30	10,0				
Custo(FO)		46,75	120,05	46,26	124,3	127,41

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Perceba que os resultados contemplam sempre a quantidade exata de 50g de arroz e 17g de feijão. Como abordado por Barbosa (2007) estes dois alimentos fazem parte do cotidiano do brasileiro. Os demais itens compõem os alimentos que são necessários ser ingeridos para a refeição ser equilibrada em cálcio, ferro, magnésio, zinco e vitamina C.

Dentre aqueles aspectos sociais que influenciam o desenvolvimento da criança, pode-se dizer que as soluções encontradas minimizam os efeitos diretos em pelo menos três deles: a) disponibilidade de recursos financeiros, b) organização de tempo para preparação e c) ambiente escolar.

Em relação ao primeiro item, por se tratar de uma solução ótima, vale dizer que não há outra combinação que ofereça menor custo para as creches e escolas (considerando os mesmos alimentos e os mesmos preços). Atualmente a creche atende cerca de 118 crianças, o que equivale a 590 refeições semanais. O valor semanal do cardápio proposto é 43,99% menor do que o atual não otimizado. Estes resultados são menores, inclusive, que aqueles apresentados por Lima e Pontes (2017) que alcançaram uma redução de 33,28% na solução. O segundo aspecto relaciona-se com o tempo de preparação. O conhecimento do menu proposto e dos itens disponíveis permite que o pessoal responsável possa pensar previamente na elaboração do prato e na forma como vai ser servido. Por último, Costa *et al.* (2019) haviam chamado a atenção para a participação direta da escola como lócus para ações de educação alimentar. A solução proposta permite que a escola trabalhe com as crianças o tema de alimentação saudável, uma vez que os ingredientes listados podem ser substituídos por equivalentes de acordo com a TACO. Este mesmo raciocínio pode ser estendido para o aspecto de hábitos familiares que estejam engajados na educação alimentar das crianças, como discutiram Vieira, Oliveira, Mello (2019), Pedreira *et al.* (2019) e Costa *et al.* (2019).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho visou propor um cardápio semanal para uma instituição pública de educação infantil assegurando às crianças de 1 a 5 anos as propriedades nutricionais necessárias em uma alimentação saudável, variada e equilibrada. Um modelo linear foi elaborado considerando 32 alimentos. Cinco diferentes menus foram criados, com um custo semanal 43,99% inferior ao utilizado pela instituição que não é otimizado.

Os resultados alcançados estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo PNAE, órgão regulador nacional da merenda escolar infantil. A metodologia proposta pode ser facilmente replicada por outras instituições de educação infantil, seja privada ou pública. O



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

menu proposto pode ser estendido para o jantar, por exemplo, e/ou considerando mais ou menos dias semanais. Outro ponto de destaque é que os produtos de origem vegetal podem ser substituídos por alimentos de origem animal e vice-versa. Logo, refeições como a de sexta-feira podem ser vegetarianas ou veganas, sem alteração na quantidade mínima de nutrientes que as crianças necessitam.

Esta pesquisa também buscou minimizar o número de itens industrializados, de forma a elevar o consumo de produtos naturais, cada vez mais raros na alimentação infantil. Para isto, utilizou-se a estratégia de excluir os itens que apareciam em refeições anteriores. Como os itens de menor custo tinham maior chance de aparecer no primeiro menu, eles foram excluídos (exceto arroz e feijão) para que a solução seguinte contemplasse outro alimento. Isso foi possível apenas nos dois primeiros dias da semana, a partir disto o modelo não conseguiu encontrar soluções viáveis, o que tornou necessário acrescentar aleatoriamente alguns alimentos que fizeram parte nos demais dias nas refeições posteriores.

Como propostas futuras, a qualidade da alimentação servida ou na creche estudada ou em outras que usam modelos matemáticos para reduzir o preço das refeições podem ser analisadas para compreender se o menu proposto está condizente com a realidade das escolas, incluindo fatores exógenos como preço do gás, consumo de água e energia. Outro ponto é elaborar cardápios que levam em consideração o estado nutricional das crianças matriculadas nestas escolas.

AGRADECIMENTOS

M. A. Alves declara que o presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro da CAPES - Brasil

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, M.V. *et al.* Avaliação da adequação alimentar de creches pública e privada no contexto do programa nacional de alimentação escolar. **Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.** = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 34, n. 2, p. 43-57, ago. 2009.

AKUTSU, R.C. *et al.* A ficha técnica de preparação como instrumento de qualidade na produção de refeições. **Revista de Nutrição**, Campinas/SP, v. 18, n. 2, p. 277-279, abr. 2005.

ANDERSON, A. M.; EARLE, M. D. Diet planning in the third world by linear and goal programming. **Journal of the Operational Research Society**, Londres/UK, v. 34, n. 1, p. 9-16, 1983. DOI: 10.2307/2581598

AMARAL, E.B.; ALMEIDA, G.R.; FERREIRA, M.T. O problema da dieta e a aplicabilidade da pesquisa operacional: Resultados preliminares. **Educação e Ciência para a cidadania global: XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino**



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência, Vale do Paraíba, p.1-6, out. 2016.

BARBOSA, L. Feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos brasileiros. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre/RS, v. 13, n. 28, p. 87-116, 2007. DOI: 10.1590/S0104-71832007000200005

BATTISTI, M. *et al.* Perception of body image associated with the nutritional status of children and adolescents. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, Fortaleza/CE, v. 30, n. 1, p. 86-92, 2017. DOI: 10.5020/18061230.2017.p86

BENTO, I.C.; ESTEVES, J.M.M.; FRANÇA, T.E.. Alimentação saudável e dificuldades para torná-la uma realidade: percepções de pais/responsáveis por pré-escolares de uma creche em Belo Horizonte/MG, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro/RJ, v. 20, p. 2389-2400, 2015. DOI: 10.1590/1413-81232015208.16052014

BRASIL. M.T.E. Ministério da Fazenda. Ministério da Saúde. Ministério da Previdência Social e do desenvolvimento social e do combate à fome. Portaria interministerial nº 66, de 25 de agosto de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 28 de agosto de 2006.

_____. M.E., Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução FNDE/CD/Nº 32/2006. Estabelecer normas para execução do Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2006.

_____. M.S. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.

_____. Lei Federal nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória no 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei no 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. **Diário Oficial do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 2009.

_____. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Ementa Constitucional nº 91. Brasília, 2016.

CARVALHO, A.C.M.S; CABRAL, H.C.C.; MORAIS, M.P. Composição nutricional e custo de preparações de restaurantes por peso. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, Rio de Janeiro/RJ, v. 8, n. 1, p. 23-38, 2013. DOI: 10.12957/demetra.2013.3597

COSTA, L.P. *et al.* A escola como locus privilegiado para ações de educação alimentar e nutricional: Um relato de experiências com pré-escolares. **Revista Brasileira de Educação e Saúde (REBES)**, Pombal/PB, v. 9, n. 2, p. 60-66, 2019. DOI: 10.18378/rebes.v9i2.6159

DIAS, L.C.G.D. *et al.* Valor nutricional da alimentação escolar oferecida em uma rede municipal de ensino. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo/SP, p. 134-143, 2012.

FARIA, V.S.; LIMA, C.P.; ALVES, M. Proposta de dieta de custo mínimo utilizando programação linear: um estudo de caso em uma creche de Formiga - MG. In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO (SemEx), III., 2019. Formiga. **Anais eletrônicos [...]**. Formiga: IFMG – Campus Formiga, 2019.

FERGUSON, E.L. *et al.* Food-based dietary guidelines can be developed and tested using linear programming analysis. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 4, p. 951-957, 2004. DOI: 10.1093/jn/134.4.951



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: **Tabela de medidas referidas para os alimentos consumidos no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE; 2011.

LIMA, W.M.N.; PONTES, H.L.J. Programação linear aplicada na composição nutricional da dieta de uma creche. In: ENCONTROS UNIVERSITÁRIOS DA UFC, 2017. Ceará. **Anais...**, v. 2, n. 1, p. 4633.

MAXIMINO, P. *et al.* How to monitor children with feeding difficulties in a multidisciplinary scope? Multidisciplinary care protocol for children and adolescents–pilot study. **Journal of Human Growth and Development**, São Paulo/SP, v. 26, n. 3, p. 331-340, 2016. DOI: 10.7322/jhgd.122816

MELO, M.C. *et al.* Crianças pré-escolares: uma revisão sobre o consumo de alimentos industrializados. **Revista Humano Ser - UNIFACEX**, Natal/RN, v. 3, n. 1, p. 19-32, 2018.

MONTE, C.M.G.; GIUGLIANI, E.R.J. Recomendações para alimentação complementar da criança em aleitamento materno. **Jornal de Pediatria**, Porto Alegre/RS, v. 80, n. 5, p. 131-41, 2004.

MOREIRA, D.A.. **Pesquisa Operacional**: Curso Introdutório. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

OLIVEIRA, A.C. *et al.* Obesidade infantil e enfrentamento familiar. **Revista Paranaense de Enfermagem (REPENF)**, Paraná/PR, v. 2, n. 1, p. 41-50, 2019.

PEDREIRA, K.R.A. *et al.* Favourable and unfavourable aspects for the Adoption of a Healthy Diet in Families of Private Primary School Students. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, Jaipur/Índia, v. 6, n. 5, 2019. DOI: 10.22161/ijaers.6.5.30

PEGOLO, G.E.; SILVA, M.V. Consumo de energia e nutrientes e a adesão ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) por escolares de um município paulista. **Segurança Alimentar e Nutricional**, São Paulo/SP, v. 17, n. 2, p. 50-62, 2010. DOI: 10.20396/san.v17i2.8634792

PIASETZKI, C.T.R.; BOFF, E.T.O. Educação alimentar e nutricional e a formação de hábitos alimentares na infância. **Revista Contexto & Educação**, Ijuí/RS, v. 33, n. 106, p. 318-338, 2018. DOI: 10.21527/2179-1309.2018.106.318-338

PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar. **Referências Nutricionais para o Programa Nacional de Alimentação Escolar**. Portal do FNDE, 2009. [Online]

RETONDARIO, A. *et al.* Oferta de sódio na alimentação em creches municipais: um risco à saúde. **O Mundo da Saúde**, São Paulo/SP, v. 39, n. 1, p. 11-21, 2015.

ROMERO, C.; REHMAN, T. A note on diet planning in the third world by linear and goal programming. **Journal of the Operational Research Society**, Londres/UK, v. 35, n. 6, p. 555-558, 1984. DOI: 10.1057/jors.1984.108

SANTOS, M.; SAMPAIO, R.T. Aplicação da programação linear na formulação de uma dieta de custo mínimo: estudo de caso de uma empresa de refeições coletivas no estado do Rio de Janeiro. In: III ENCONTRO REGIONAL DE PESQUISA OPERACIONAL, 2016. Manaus/AM. **Anais...**, 2016.

SILVA, E.M. da *et al.* Pesquisa Operacional Para os Cursos de Administração e Engenharia. Programação Linear e Simulação: Programação Linear, Simulação. 4a edição. São Paulo: Atlas, 2010. 208 p.



PROPOSTA DE CARDÁPIO ESCOLAR SEMANAL DE CUSTO MÍNIMO PARA CRIANÇAS EM UMA CRECHE MUNICIPAL PÚBLICA

SILVA, M.M.D.C.; GREGÓRIO, E.L. Avaliação da composição nutricional dos cardápios da alimentação escolar das escolas da rede municipal de Taquaraçu de Minas-MG. **HU Revista**, Juíz de Fora/MG, v. 37, n. 3, p. 387-394, 2012.

SILVA, R.R. *et al.* Uso da programação linear na otimização de processos dentro da indústria de alimentos. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins**, Tocantins/TO, 6(Especial), 24-30, 2019. DOI: 10.20873/uft.2359365220196Especialp24

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. UNICAMP. 4. ed. rev. e ampl. Campinas, 2011.

TORQUATO, I.M.B. *et al.* Health surveillance in day-care centers: analysis of nutritional status in children under two years old. **Rev. Rene**, Ceará/CE, v. 19, p. e3338, 2018. DOI: 10.15253/2175-6783.2018193338

VIEIRA, M.L.R.; OLIVEIRA, J.C.S.; MELLO, A.P.Q. Aspectos sociais na formação dos hábitos alimentares de crianças. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, Campinas/SP, n. 33, p. 1-7, 2019. DOI: 10.25248/reas.e809.2019

ENDEREÇO DOS AUTORES

Suelyly Freitas da Cruz
E-mail: suelylyfreitas18@gmail.com

Leticia Renata da Costa
E-mail: leticiaarcosta0812@gmail.com

Marcos Antonio Alves
Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.
E-mail: marcosalves@ufmg.br

Nayara Teixeira dos Santos
E-mail: nayara.santos@ifnmg.edu.br