



UFRJ

**UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO**

**Otimização
2024.1**

PROBLEMA DA DIETA

**EDUARDA LEAL DE CARVALHO
118199369**

**JOÃO DAVID JOTTA MENDONÇA ESTORQUE
121155853**

**LUIZ EDUARDO AZEVEDO BRASIL
122117785**

**YURI VITAL CHALFUN DE MATOS AVILA DA SILVEIRA
119104804**

Objetivo

Resolver o problema da dieta, também conhecido como a Dieta de Stigler, utilizando ferramentas computacionais e dados nutricionais de diversos alimentos. Além de considerar as restrições nutricionais, o objetivo é também levar em conta a palatabilidade dos alimentos.

Introdução

A busca por dietas equilibradas e saudáveis é uma preocupação crescente na sociedade moderna. Resolver o problema da dieta, também conhecido como a Dieta de Stigler, é essencial para determinar a combinação ideal de alimentos que satisfaça as necessidades nutricionais ao menor custo possível. No entanto, além de considerar apenas as restrições nutricionais, é fundamental levar em conta a palatabilidade dos alimentos para garantir a aceitação e adesão à dieta proposta.

Utilizando um código em python e uma base de dados nutricionais detalhada, este trabalho visa oferecer uma solução prática e eficiente para a criação de dietas balanceadas que são não apenas nutritivas, mas também agradáveis ao paladar.

A motivação para realizar este trabalho foi o interesse em buscar uma solução ótima para este problema utilizando programação linear e computação. Combinando esses métodos, esperamos desenvolver dietas que não só atendam às necessidades nutricionais, mas que também sejam sustentáveis e prazerosas para os indivíduos.

Desenvolvimento

Problema da dieta

O problema da dieta é um desafio clássico que visa determinar uma dieta ótima, ou seja, uma combinação ideal de alimentos para atender requisitos nutricionais específicos, ao mesmo tempo em que minimiza os custos associados.

Este problema teve origem na década de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, quando George Stigler explorou a ideia através de modelagem matemática para encontrar dietas balanceadas com custo mínimo para alimentar o exército de maneira eficiente.

Partindo desse pressuposto, abordaremos este problema com uma aplicação para um caso proposto nas três principais refeições diárias: o café da manhã, o almoço e o jantar. Desta forma é possível especificar para cada refeição propriedades e restrições específicas, indo além das restrições mais genéricas para este problema que abordam a alimentação diária como um todo. Deste modo podemos criar planos alimentares mais precisos e eficazes que não apenas atendam às necessidades nutricionais, mas também promovam o bem-estar geral e a saúde a longo prazo.

Restrições Nutricionais

As restrições nutricionais referem-se às condições que devem ser respeitadas durante a formulação de uma dieta. Elas determinam as quantidades mínimas ou máximas de nutrientes específicos que devem ser consumidas. Essas restrições são fundamentais para garantir que a solução encontrada seja não apenas econômica, mas também nutricionalmente adequada, promovendo saúde e bem-estar.

Partindo desse pressuposto, em nosso estudo foi utilizado duas métricas usadas na área da nutrição: o RDA e o UL. O RDA ou Recommended Dietary Allowance é o nível recomendado de ingestão diária de um nutriente para um indivíduo em determinado estágio de vida e gênero e foi usado como limite inferior para as restrições nutricionais do problema. O UL ou Tolerable Upper Intake Levels, por sua vez, é o nível de ingestão máximo tolerável de um nutriente para um indivíduo em determinado estágio de vida e gênero e foi usado como limite superior para as restrições nutricionais do problema.

$$\sum_{n=1}^{q_n} Q_{na} \cdot Q_a \geq Lmin_n \quad \forall n \in \text{nutrientes}$$
$$\sum_{n=1}^{q_n} Q_{na} \cdot Q_a \leq Lmax_n \quad \forall n \in \text{nutrientes}$$

As variáveis de decisão são não-negativas uma vez que não faz sentido consumir uma quantidade negativa de alimentos. Portanto temos também a seguinte restrição:

$$Q_a \geq 0$$

Para entender melhor como funcionaria esses casos, tem os exemplos abaixo:

Exemplo 1: A soma de proteína nos alimentos a deve ser maior ou igual a quantidade mínima diária sugerida

$$\sum_{a=1}^{q_a} Q_a \cdot Q_{prot} \geq Lmin_{prot}$$

Q_{prot} é a quantidade de proteína no alimento a

$Lmin_{prot}$ é o limite inferior de proteína necessária na dieta

Exemplo 2: Tem que ter um limite máximo de açúcar

$$\sum_{a=1}^{q_a} Q_a \cdot Q_{açúcar} \leq Lmin_{açúcar}$$

$Q_{açúcar}$ é a quantidade de açúcar no alimento a

$Lmin_{açúcar}$ é o limite inferior de açúcar necessária na dieta

Exemplo 3: Carboidrato entre dois limites

$$\sum_{a=1}^{q_a} Q_a \cdot Q_{carb} \geq Lmin_{carb}$$

$$\sum_{a=1}^{q_a} Q_a \cdot Q_{carb} \leq Lmax_{carb}$$

Q_{carb} é a quantidade de carboidrato no alimento a

$Lmin_{carb}$ é o limite inferior de carboidrato necessária na dieta

$Lmax_{carb}$ é o limite máximo de carboidrato necessária na dieta

Restrição da Palatabilidade

A inclusão de restrições de palatabilidade em modelos de otimização de dieta é crucial para garantir que as seleções alimentares sejam realistas e culturalmente aceitáveis. Essas restrições levam em conta as preferências individuais de sabor de uma pessoa e como elas influenciam suas escolhas alimentares.

Em nosso estudo, as informações sobre preferências são obtidas por meio de dados subjetivos, como avaliações de gosto ou preferências pessoais, onde cada alimento é avaliado para cada refeição em uma escala de 0 a 10 com base em quão agradável é para o indivíduo, ou seja, certo alimento pode ser ótimo para o indivíduo no almoço, porém pode causar certo estranhamento em outra refeição, de modo que a escala de palatabilidade deste alimento seria maior no almoço do que nas demais refeições.

Sendo assim, essas restrições de palatabilidade foram consideradas como restrições fracas, reconhecendo que as preferências individuais desempenham um papel significativo na formação da dieta. Essas preferências podem ser integradas ao modelo atribuindo pesos Pa_i na função objetivo com base nas preferências do indivíduo, permitindo assim que o modelo leve em conta tanto as necessidades nutricionais quanto as preferências pessoais na seleção dos alimentos.

Coleta de dados

A coleta de dados foi um processo crucial para o desenvolvimento do projeto, com o objetivo de indicar quais alimentos devem compor dietas conforme as restrições alimentares dos usuários. Utilizamos as informações nutricionais disponíveis no site TBCA, que fornece dados detalhados sobre diversos alimentos conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Coletamos dados como o nome dos alimentos, preço e quantidade de nutrientes por porção ou por 100g, dependendo da disponibilidade dessas informações. A amostra inicial continha 5000 alimentos, mas após uma análise criteriosa, foi reduzida para 558 alimentos. Selecionamos os alimentos mais comuns e de fácil atribuição de preço para garantir uma base de dados prática e útil.

Extração do CSV

Para a extração dos dados do site para um arquivo CSV, utilizamos técnicas de web scraping. Criamos um código em Python, utilizando as bibliotecas BeautifulSoup e Scrapy, para automatizar a coleta de dados e armazená-los no formato CSV. Durante o processo de exportação, encontramos problemas com caracteres acentuados e especiais, que não vieram devidamente formatados nos dados nas colunas de alimentos e cabeçalhos da tabela. Para corrigir esses problemas, utilizamos o ChatGPT, que nos ajudou a formatar o texto adequadamente. O resultado foi um CSV contendo 558 linhas e 42 colunas, organizado de forma a permitir uma análise detalhada e eficiente.

Problemas com a Coleta de Preços

A coleta de preços foi um dos maiores desafios do projeto. Definir o preço de acordo com a porção de cada alimento apresentou dificuldades significativas, pois as porções variam muito e muitas vezes não sabíamos o valor exato em gramas. Encontramos preços em diversas fontes, mas a precisão e a confiabilidade desses dados foram comprometidas. Os preços foram frequentemente ajustados manualmente, dividindo o valor encontrado pelo quanto estimamos que havia na porção ou em 100g. Não houve uma verificação rigorosa desses dados, resultando em possíveis imprecisões.

Além disso, o processo de adequação dos preços para as porções específicas foi feito de forma intuitiva, o que pode ter introduzido variações nos valores finais. Utilizamos principalmente a ferramenta de pesquisa do Google para coletar os preços, o que não foi uma forma automatizada e precisa obter essas informações. Em muitos casos, tivemos que adaptar os preços encontrados para valores de porções menores, o que acrescentou um nível adicional de incerteza aos dados.

Modelo

Nosso modelo ficou desta forma:

$$\text{Minimizar } z = P_{\text{custo}} \cdot F_{\text{custo}} - P_{\text{pa}} \cdot F_{\text{pa}}$$

Restrições fortes

Restrições nutricionais

$$\sum_{n=1}^{q_n} Q_{na} \cdot Q_a \geq Lmin_n \quad \forall n \in \text{nutrientes}$$

$$\sum_{n=1}^{q_n} Q_{na} \cdot Q_a \leq Lmax_n \quad \forall n \in \text{nutrientes}$$

Máximo de calorias por refeição

$$\sum_{n=1}^{q_r} Q_{ka} \cdot Q_{ar} \leq Kmax_r \quad \forall r \in \text{refeição}$$

Mínimo de palatabilidade por refeição

$$\sum_{a=1}^{q_r} Pa_{ar} \cdot Q_{ar} \quad \forall r \in \text{refeição} \geq F_{\text{palatabilidade}} \cdot 1/5$$

Restrições fracas

Função preço

$$F_{\text{preço}} = \sum_{a=1}^q C_a \cdot Q_a$$

Função palatabilidade

$$F_{\text{palatabilidade}} = \sum_{a=1}^{q_r} P_{a_{ar}} \cdot Q_{ar} \quad \forall r \in \text{refeição}$$

Onde

$$P_{\text{preço}}, P_{pa}, Q_a \geq 0$$

$$Q_a \leq 3$$

$$Q_a \in \mathbb{Z}$$

Ppa = peso dado à função palatabilidade

Qa = quantidade comprada do alimento

Ppreço = peso dado à função preço

Ca = custo do alimento 'a'

Pa = palatabilidade do alimento 'a'

0 ≤ Pa ≤ 10

O modelo é um modelo tradicional do problema da dieta, com adições referentes à palatabilidade. A adição da função palatabilidade como restrição fraca foi simples de modelar, como o custo aumenta sempre a função, a palatabilidade diminuiria. Um grande desafio, entretanto, dessa prática, foi definir a razão correta entre 1 unidade de palatabilidade e 1 real, eventualmente achamos 1/10 como um valor funcional, mas não acreditamos ser o valor ideal.

Cenário

Para testarmos nosso modelo, foi necessário a criação de um cenário, no caso, um personagem, o qual chamamos de Arnold. A criação do Arnold foi necessária pois nossos dados e restrições são sensíveis ao indivíduo, por exemplo, muitas restrições exigem a informação de peso pois definem um mínimo de X gramas por Kg, por exemplo. Outro fator relevante para a criação de um cenário foi a palatabilidade, o quanto você gosta de certo alimento é algo subjetivo e individual para cada pessoa, nossos resultados se baseiam na opinião pessoal do Arnold sobre os alimentos.

As restrições nutricionais que usamos, baseadas no Arnold, foram:

```
calorias_max_cafe=800kcal,  
calorias_max_almoco=1400kcal  
calorias_max_jantar=800kcal  
vitamina_e_min=15mg  
vitamina_e_max=1000mg  
carboidrato_min=130g  
carboidrato_max=700g  
cinzas_min=0g  
cinzas_max=1500g  
cobre_min=0.9mg  
cobre_max=10mg  
colesterol_min=30mg  
colesterol_max=200mg  
calcio_min=1000mg  
calcio_max=2500mg  
equivalente_de_folato_min=400mcg  
equivalente_de_folato_max=1000mcg  
ferro_min=8mg  
ferro_max=45mg  
fibras_min=14g  
fibras_max=500g  
fosforo_min=700mg  
fosforo_max=4000mg  
lipidios_min=10g  
lipidios_max=900g  
magnesio_min=400mg  
magnesio_max=1000mg  
manganes_min=2.3mg  
manganes_max=5mg  
niacina_min=16mg
```

niacina_max=35mg
potassio_min=3400mg
potassio_max=6000mg
proteina_min=45g
proteina_max=200g
riboflavina_min=1.3mg
riboflavina_max=1000mg
selenio_min=55mcg
selenio_max=400mcg
sodio_min=1000mg
sodio_max=4000mg
tiamina_min=1.2mg
tiamina_max=5mg
vitamina_a_rae_min=900mcg
vitamina_a_rae_max=3000mcg
vitamina_b12_min=2.4mcg
vitamina_b12_max=1000mcg
vitamina_b6_min=1.3mg
vitamina_b6_max=100mg
vitamina_c_min=90mg
vitamina_c_max=2000mg
vitamina_d_min=15mcg
vitamina_d_max=100mcg
zinco_min=11mg
zinco_max=40mg
acidos_graxos_monossaturados_min=0g
acidos_graxos_monossaturados_max=100g
acidos_graxos_polissaturados_min=1.6g
acidos_graxos_polissaturados_max=100g
acidos_graxos_saturados_min=0
acidos_graxos_saturados_max=300g
acidos_graxos_trans_min=0g
acidos_graxos_trans_max=100g

Resultados

Nosso primeiro resultado testando o modelo foi:

Café da manhã:

Bala de frutas: 1.0
Bebida café 0 infusão 10%. com substituto do leite 0 bebida vegetal à base de amêndoa (meio a meio). sem açúcar: 3.0
Bebida café descafeinado infusão 6% sem açúcar: 122.0
Bebida chá infusão com açúcar (média de várias ervas): 1.0
Gelatina em pó preparada diet (média de diferentes sabores): 5.0
Kefir. c/ leite de vaca integral, bebida fermentada brasileira: 1.0

Almoço:

Alface, americana, crua: 2.0
Aspargo, em conserva, drenado: 3.0
Bala de frutas: 46.0
Carne de boi de segunda (músculo, paleta), cozida., c/ molho de tomate (tomate, c/ óleo, cebola e alho), c/ sal': 1.0
Kefir. c/ leite de vaca integral, bebida fermentada brasileira: 1.0
Peixe de água doce, Tilápia, filé s/ pele, grelhado, c/ óleo de soja, c/ sal': 1.0
'Peixe, de água salgada, linguado, assado/grelhado, s/ óleo, c/ sal': 1.0

Jantar:

Alface americana crua: 2.0
Bala. frutas: 40.0
Bebida chá infusão sem açúcar (média de várias ervas): 1.0
Bebida infusão hortelã rasteira, planta, folha, sem açúcar: 5.0
Carne de frango, coração, grelhada, s/ óleo, c/ sal: 1.0
Picles, pepino, azedo: 3.0

Tivemos um resultado muito incomum, isso mostrou que existiam problemas tanto na nossa modelagem quanto nos nossos dados de preços dos alimentos, contudo, o que gerou um resultado tão inesperado foi o que chamamos de dilema das balinhas de fruta.

Dilema das balinhas de fruta:

Balinhas de fruta, que totalizaram 87 unidades no primeiro resultado, dizem muito sobre a falha do modelo. Balinhas de fruta apresentam quase nenhum valor nutricional, portanto, podem ser compradas aos montes sem afetar os limites de máximo dos nutrientes, contudo, o principal fator por elas terem sido escolhidas tantas vezes foi por terem alta palatabilidade e valor baixo.

Quando adicionamos uma balinha de fruta, estamos aumentando o preço dela na função objetivo, 50 centavos em média, e diminuindo a palatabilidade dela, no caso, 8.

Isso significa que estamos diminuindo o valor da função objetivo, sem quase nenhum efeito colateral. Para resolver tal problema, ao invés da palatabilidade ser um valor entre 0 e 10, definimos a palatabilidade como um valor entre 0 e 1, na prática, dividimos o valor por 10.

Nosso segundo resultado testando o modelo foi:

Café da manhã:

Bebida café descafeinado infusão 8% médio com leite desnatado e com açúcar: 3.0
Bolinho de chuva, frito, com açúcar e canela: 1.0

Almoço:

Farinha de arroz crua: 1.0
Arroz integral cozido com óleo, cebola, alho e sem sal: 1.0
Filé de salmão sem pele assado/grelhado sem óleo e com sal: 1.0

Jantar:

Brócolis, flor, refogado com óleo, cebola, alho e com sal: 5.0
Filé de arraia grelhado sem óleo e com sal: 1.0
Filé de salmão sem pele assado/grelhado sem óleo e com sal: 1.0

Tivemos um resultado mais dentro dos conformes, porém ainda incomum. Tal melhora é resultado da divisão da palatabilidade por 10, o limite máximo de 5 unidades por alimento e a definição de um preço igual para todos os itens.

Nosso terceiro resultado testando o modelo foi:

Café da manhã:

Bebida café suave infusão 6% médio com leite e com açúcar: 3.0
Bebida café descafeinado infusão 8% médio com leite desnatado e com açúcar: 3.0/
Barra de cereal: 1.0

Almoço:

Batata frita: 2.0
Feijão preto cozido (50% grão e 50% caldo) sem óleo e com sal: 2.0
Manjericão in natura: 1.0
Filé de salmão sem pele assado/grelhado sem óleo e com sal: 2.0

Jantar:

Brócolis, flor, refogado com óleo, cebola, alho e com sal: 3.0
Lasanha congelada pronta industrializada: 1.0

Tivemos um resultado mais adequado, ao limitar em no máximo 3 unidades de cada alimento, aprimorar os dados da tabela e retomar os valores normais para os itens. Contudo, percebemos que no café da manhã tivemos 6 unidades bebidas a base de café. Tal resultado ainda foge do ideal, apesar de apresentar significativas melhoras se comparado aos anteriores.

Código em Python

Em nosso código em python, primeiramente, criamos um a classe chamada “Alimento”, que continha todas as informações de certo alimento.

Após isso, criamos uma lista de alimentos, e, usando a biblioteca Pandas, lemos todos os alimentos da tabela csv e criamos Objetos de nossa classe alimentos, os quais adicionamos a nossa lista.

Após coletar tais dados, criamos uma classe para um indivíduo, no nosso caso, o Arnold, com suas restrições nutricionais.

Posteriormente, utilizando a biblioteca Pulp, criamos nosso modelo de programação linear inteira, colocando as restrições baseadas na lista de alimentos que temos.

Após as restrições prontas, é chamada uma função que resolve o sistema.

Trabalhos futuros

- Criar um planejamento de dieta semanal.
- Criar um website que coleta dados de palatabilidade do usuário, e retorna uma dieta.
- Pesquisar fontes confiáveis de preços.
- Adicionar mais restrições, tais como restrições de grupos alimentares
- Adicionar um cardápio fixo em cada refeição, por exemplo, no almoço podemos forçar a existência de uma proteína.
- Realizar o teste com pessoas de diversas faixas etárias

Conclusão

A adição da palatabilidade ao problema da dieta traz a solução para um problema comum no problema tradicional, os usuários não gostarem de suas dietas. Conseguimos modelar um bom protótipo inicial da ideia, contudo, ele ainda apresenta muitas falhas. Acreditamos que, com bastante trabalho, e algumas mudanças na modelagem, é possível chegar em um resultado muito satisfatório, onde realmente a dieta criada não só minimize o custo, mas também maximize a satisfação do usuário.

Referências

Restrições nutricionais: <https://ods.od.nih.gov/factsheets>

Database de alimentos: https://www.tbca.net.br/base-dados/composicao_alimentos.php