

# Sistema de Apoio à Decisão Nutricional com Algoritmo KNN

Roger da Palma Culau, Herysson Rodrigues Figueiredo

Curso de Ciência da Computação

UFN - Universidade Franciscana

Santa Maria - RS

Email: roger.palma@ufn.edu.br, herysson.figueiredo@ufn.edu.br

**Resumo**—Este trabalho apresenta um Sistema de Apoio à Decisão voltado à nutrição personalizada, com o objetivo de ajudar nutricionistas na recomendação de alimentos nutricionalmente semelhantes. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) foi utilizada como base de dados. O algoritmo *K-Nearest Neighbors* (*KNN*) foi aplicado para calcular a similaridade com base em proteínas, carboidratos, lipídios, fibras, valor energético, entre outros. A metodologia seguiu o framework *Scrum*, adaptado ao contexto acadêmico. O sistema foi implementado em *Python*, *React* e *SQLite*. A interface permite a entrada de dados e definição de prioridades. Após validação, o sistema contribui com recomendações de alimentos de forma ágil e personalizada.

**Palavras-chave:** Nutrição Personalizada, *K-Nearest Neighbors*, Aprendizado de Máquina, tabela TACO.

## I. INTRODUÇÃO

A nutrição desempenha um papel fundamental na manutenção da saúde, prevenindo doenças crônicas e promovendo qualidade de vida. No entanto, a escolha de refeições adequadas para indivíduos com restrições alimentares ainda representa um desafio. Estudos apontam que a alimentação inadequada é um dos principais fatores de risco para doenças como diabetes e hipertensão [1].

A integração de Sistemas de Apoio à Decisão (*SAD*) no domínio da nutrição tem se mostrado promissor para aprimorar a personalização das recomendações alimentares, oferecendo recomendações personalizadas. Sistemas de Apoio à Decisão, quando combinados com Tomada de Decisão Multicritério ou (*Multi-Criteria Decision Making - MCDM*)<sup>1</sup> têm sido amplamente aplicados em diversas áreas, incluindo saúde, agricultura e gestão de recursos, tornando-se uma ferramenta fundamental para a tomada de decisões complexas [2], [4].

As dietas restritivas, quando não acompanhadas por um profissional, podem levar a sérios problemas de saúde. Muitas pessoas fazem mudanças na alimentação sem orientação adequada, o que pode resultar na falta de nutrientes essenciais para o funcionamento do organismo. Segundo Sonia Trecco, nutricionista do Hospital das Clínicas (HC) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), "o nosso organismo necessita de todos os nutrientes, alguns em maior e outros em menor quantidade. Na falta deles, podemos ter

<sup>1</sup>Métodos usados para considerar múltiplos critérios simultaneamente na tomada de decisão, comuns em problemas complexos como seleção de alternativas em saúde ou logística.

carências nutricionais" [1]. Além disso, a restrição alimentar excessiva pode gerar um efeito reverso, levando ao descontrole e a episódios de compulsão alimentar. Estudos indicam que 95% das pessoas que fazem dietas restritivas voltam a ganhar peso posteriormente, pois o cérebro interpreta a restrição como um estado de privação e busca recuperar as reservas de gordura assim que a alimentação normal é retomada [1].

Para garantir a precisão e a confiabilidade das informações nutricionais utilizadas nas recomendações, o sistema utilizará como base principal a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, 4<sup>a</sup> edição revisada e ampliada. Essa tabela foi elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), sendo considerada uma das principais fontes nacionais de dados nutricionais detalhados sobre alimentos consumidos no Brasil [6].

### A. Objetivo Geral

Desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão (*SAD*) para auxiliar nutricionistas na substituição e recomendação de alimentos com base em perfis nutricionais semelhantes.

### B. Objetivos Específicos

- Identificar alimentos com perfil nutricional semelhante, considerando variáveis como valor calórico, macronutrientes e micronutrientes;
- Alimentar um banco de dados com as informações da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) como fonte principal de dados nutricionais;
- Implementar o algoritmo *KNN K-Nearest Neighbors*, utilizando Python, para calcular a similaridade entre alimentos;
- Oferecer recomendações de substituições alimentares ao nutricionista, de forma personalizada conforme as necessidades nutricionais do paciente;
- Desenvolver o sistema web utilizando tecnologias como HTML, CSS, React, React Native e Expo.
- Validar o sistema por meio de testes com diferentes cenários simulados, avaliando usabilidade, precisão das recomendações e desempenho técnico.

## II. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

O referencial reúne informações sobre fundamentos de nutrição, tabelas de composição de alimentos Sistemas de apoio a decisão e Algoritmos KNN e Ferramentas e tecnologias.

### A. Fundamentos da Nutrição e Dietas com Restrições

A nutrição é a ciência que estuda os processos pelos quais o organismo ingere, digere, absorve, transporta, utiliza e excreta os nutrientes. Esses processos são essenciais para a manutenção da vida, o crescimento, a reparação tecidual e a prevenção de doenças. Os princípios básicos da nutrição envolvem a ingestão equilibrada de macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios) e micronutrientes (vitaminas e minerais), adequados às necessidades fisiológicas e às condições clínicas individuais [10].

No contexto clínico, a terapia nutricional requer a consideração de diretrizes alimentares baseadas em evidências, respeitando aspectos culturais, estado clínico e necessidades nutricionais específicas de cada paciente. O processo de cuidado nutricional inclui etapas como avaliação, diagnóstico, intervenção e monitoramento, sendo um ciclo contínuo que visa promover o estado nutricional adequado [11].

As dietas com substituições alimentares são ferramentas fundamentais no tratamento e prevenção de agravos à saúde. Elas podem ser definidas com base em nutrientes como as dietas hipossódicas (com baixo teor de sódio, indicadas para controle da pressão arterial) ou hipoglicídicas (com baixo teor de carboidratos, utilizadas no controle glicêmico), em intolerâncias alimentares, como as dietas isentas de lactose ou glúten, ou ainda em condições clínicas específicas. Tais dietas podem ser temporárias ou permanentes, a depender da patologia ou do objetivo terapêutico [12].

Em casos de distúrbios neurológicos com comprometimento da deglutição, como disfagia<sup>2</sup>, são necessárias modificações de textura dos alimentos (graus pastosos, mecanicamente alterado, macio), além da consistência dos líquidos, garantindo segurança alimentar e aporte nutricional adequado. A escolha da textura depende do grau da disfagia e da capacidade funcional do paciente [10].

Para condições crônicas, como hipertensão ou doenças cardiovasculares, o planejamento alimentar pode incluir dietas como a abordagens dietéticas para parar a hipertensão (*Dietary Approaches to Stop Hypertension - DASH*)<sup>3</sup>, com restrição de sódio, incremento de potássio, cálcio e magnésio, e ênfase no consumo de frutas, verduras e alimentos integrais. A adaptação dietética visa controlar fatores de risco e prevenir complicações clínicas [10].

<sup>2</sup>Disfagia é a dificuldade de engolir alimentos, líquidos ou saliva, podendo comprometer a ingestão adequada de nutrientes. Está frequentemente associada a condições neurológicas, envelhecimento ou doenças do trato digestivo, exigindo adaptações na dieta. [10]

<sup>3</sup>DASH é um plano alimentar desenvolvido para prevenir e controlar a hipertensão, com ênfase em frutas, vegetais, grãos integrais, laticínios com baixo teor de gordura e redução do consumo de sódio, gorduras saturadas e açúcares.

### B. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)

A compreensão dos fundamentos da nutrição e das necessidades específicas de cada paciente exige acesso a dados confiáveis sobre a composição dos alimentos. Para apoiar essa análise nutricional precisa, recorre-se a bases estruturadas que detalham os macro e micronutrientes presentes nos alimentos.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), desenvolvida pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA) da UNICAMP, é uma das principais referências nacionais para composição centesimal<sup>4</sup>, de minerais, vitaminas, aminoácidos e valor energético de alimentos consumidos no Brasil [6]. Trata-se de uma ferramenta essencial para análises nutricionais, formulação de dietas, rotulagem de produtos.

Lançada em sua primeira versão em 2004, a TACO passou por atualizações que ampliaram significativamente o número de alimentos e nutrientes analisados. A 4ª edição de 2011 revisada e ampliada contempla informações sobre 597 alimentos, com análises conduzidas por laboratórios credenciados e utilizando metodologias rigorosas de amostragem e validação analítica, o que garante confiabilidade aos dados disponibilizados.

Tabela I  
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE CARNES SELECIONADAS

Cód.	Alimento	Kcal	Prot. (g)	Lip. (g)	Carb. (g)
323	Apresuntado	129	13,5	6,7	2,9
326	Acém moído cozido	212	26,7	10,9	0,0
327	Acém moído cru	137	19,4	5,9	0,0
331	Almôndega frita	272	18,2	15,8	14,3
334	Contra-filé c/ gordura cru	217	19,2	15,0	0,0
337	Contra-filé s/ gordura grelh.	239	35,1	10,0	0,0
338	Charque cozido	263	36,4	11,9	0,0
340	Bovina à milanesa	352	20,6	24,0	12,2

A tabela I apresenta um exemplo da composição nutricional de algumas carnes, conforme os dados extraídos da TACO. Além desses dados principais, também são apresentados micronutrientes como cálcio, ferro, fósforo, potássio, bem como vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina) e vitamina C.

### C. Sistemas de Apoio à Decisão

A complexidade envolvida na seleção de alternativas alimentares compatíveis com objetivos específicos exige mais do que simples consulta a dados. É nesse cenário que os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ganham relevância, ao proporcionar ferramentas capazes de processar grandes volumes de informação e gerar recomendações alinhadas a múltiplos critérios nutricionais.

Os SAD constituem uma classe de sistemas computacionais interativos utilizados para auxiliar gestores e profissionais na resolução de problemas por meio da integração entre dados, modelos e técnicas analíticas.

Esses sistemas foram desenvolvidos para fornecer suporte à tomada de decisão, e não para substituí-la, respeitando a

<sup>4</sup>Composição centesimal refere-se à quantificação dos nutrientes presentes em 100 gramas do alimento, permitindo a padronização e a comparação entre diferentes itens alimentares.

complexidade dos contextos organizacionais e a subjetividade inerente aos julgamentos humanos [2].

Um sistema de apoio a decisão é composto essencialmente por três componentes principais: (i) uma base de dados com informações relevantes ao problema, (ii) uma base de modelos com métodos quantitativos e analíticos (como simulações, árvores de decisão, heurísticas e algoritmos), e (iii) uma interface amigável que permita a interação do decisor com o sistema [2].

O SAD foca na análise preditiva e na simulação de cenários futuros, permitindo responder a perguntas do tipo “*What-if?*”, que consistem em testar diferentes combinações de variáveis para prever possíveis resultados, sendo fundamentais para decisões com múltiplos critérios e objetivos. A flexibilidade é uma de suas principais características, tornando-o útil em ambientes dinâmicos e incertos. [13].

Além disso, a evolução desses sistemas levou à classificação das capacidades analíticas em três níveis principais, conforme Sharda, Delen e Turban (2015) [13].

- Análise descritiva: fornece resumos e relatórios baseados em dados passados;
- Análise preditiva: utiliza técnicas como regressão, árvores de decisão e redes neurais para prever tendências ou comportamentos futuros;
- Análise prescritiva: recomenda ações ideais com base em simulações e otimizações matemáticas.

Essas abordagens ampliam significativamente o papel do SAD tradicional, permitindo não apenas apoio à decisão, mas também automação de recomendações em sistemas inteligentes. Tais avanços são particularmente úteis em ambientes digitais [13].

#### D. O Algoritmo K-Nearest Neighbors (KNN)

O algoritmo KNN é uma técnica simples e eficaz baseada em instâncias. Ele classifica novas amostras com base na proximidade em relação a exemplos conhecidos, considerando uma métrica de distância, geralmente a euclidiana. Sua intuição e aplicabilidade o tornam amplamente utilizado em contextos como diagnóstico médico, reconhecimento de padrões e sistemas de recomendação [7].

Além de sua simplicidade, o KNN apresenta flexibilidade na modelagem de dados não lineares e boa performance em diversos domínios. No entanto, possui limitações como elevado custo computacional na fase de predição em grandes volumes de dados e a sensibilidade à dimensionalidade dos dados [8], [9].

O algoritmo *K-Nearest Neighbors* é uma técnica de aprendizado supervisionado amplamente utilizada para tarefas de classificação e regressão. Trata-se de um método baseado em instâncias, no qual a predição de uma nova amostra é realizada a partir da proximidade desta em relação às amostras previamente rotuladas, considerando uma métrica de distância usualmente a distância euclidiana entre os pontos no espaço de características [5].

**Cálculo da Distância:** Uma etapa fundamental no funcionamento do KNN é o cálculo da distância entre a nova amostra (ponto de consulta) e cada uma das amostras presentes no conjunto de dados. A métrica de distância mais utilizada é a *distância euclidiana*, representada pela seguinte equação: [5]

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (1)$$

Onde:

- $d(p, q)$  é a distância entre os pontos  $p$  (ponto de entrada) e  $q$  (ponto do conjunto de dados);
- $n$  é o número de atributos (como energia, carboidratos, proteínas, lipídios e fibras);
- $p_i$  e  $q_i$  são os valores do  $i$ -ésimo atributo dos pontos  $p$  e  $q$ .

Na figura 1 mostra de forma ilustrativa como funciona graficamente o cálculo do ponto teste X.

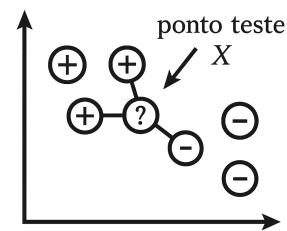


Figura 1. Representação gráfica do ponto de teste  $x$ .

**Seleção dos  $k$  Vizinhos Mais Próximos:** Após calcular a distância entre o ponto de entrada  $x$  e todos os pontos do conjunto de dados  $D$ , o algoritmo seleciona os  $k$  vizinhos mais próximos, ou seja, os  $k$  pontos com as menores distâncias.

Formalmente, define-se o conjunto dos vizinhos  $S_x$  como:

$$S_x \subseteq D \text{ tal que } |S_x| = k \quad (2)$$

$$\forall (x', y') \in D \setminus S_x, \text{dist}(x, x') \geq \max_{(x'', y'') \in S_x} \text{dist}(x, x'') \quad (3)$$

Isso significa que todos os pontos fora de  $S_x$  estão a uma distância maior ou igual ao mais distante dos pontos dentro de  $S_x$ .

**Regra de Decisão:** O KNN toma a decisão final com base nos  $k$  vizinhos mais próximos:

- **Classificação:** atribui ao ponto de entrada a classe mais frequente entre os vizinhos. Formalmente:

$$h(x) = \text{mode} \{y'' : (x'', y'') \in S_x\} \quad (4)$$

Onde  $h(x)$  é o rótulo predito para o ponto  $x$ , e  $\text{mode}(\cdot)$  retorna o valor mais comum.

- **Regressão:** retorna a média dos valores das saídas dos vizinhos.

## E. Ferramentas e Tecnologias

O sistema FOI desenvolvido utilizando um conjunto de ferramentas e tecnologias que contribuem para a eficiência, organização e a qualidade do projeto.

1) *Python*: Linguagem de programação de alto nível, conhecida por sua simplicidade e ampla aplicação em sistemas inteligentes e automação [17].

2) *React Native*: Framework para desenvolvimento de interfaces móveis e web com um único código-fonte, garantindo responsividade e agilidade [18].

3) *FastAPI*: Framework web moderno para construção de APIs em Python, focado em alto desempenho e uso de anotações de tipo. A FastAPI mapeia funções Python para rotas HTTP, realiza a validação automática dos dados de entrada por meio de modelos (Pydantic) e converte as respostas em JSON, além de gerar documentação interativa da API (OpenAPI/Swagger). No contexto deste trabalho, a FastAPI é utilizada para expor os endpoints que acessam o banco de dados nutricional e o algoritmo *KNN*, permitindo que o aplicativo cliente consuma esses serviços de forma organizada e padronizada [26].

4) *Expo*: Plataforma e conjunto de ferramentas para desenvolvimento com React Native que simplifica o setup, o ciclo de desenvolvimento e a publicação. Oferece CLI, servidor de desenvolvimento, gerenciamento de ativos, plugins nativos (*config plugins*), builds e distribuição com *EAS* e suporte a atualizações *OTA* para Android, iOS e Web [19].

5) *JavaScript*: Linguagem de programação interpretada, multi-paradigma e orientada a eventos, base do desenvolvimento web moderno. Oferece módulos ES, tipagem dinâmica, suporte a programação assíncrona com *Promises* e *async/await*, e um ecossistema amplo de bibliotecas via npm, sendo executada em navegadores e no ambiente Node.js [25].

6) *HTML e CSS*: HTML (*HyperText Markup Language*) define a estrutura das páginas; CSS (*Cascading Style Sheets*) permite personalização do design [23], [24].

7) *Trello*: Plataforma de gerenciamento de tarefas baseada em quadros e listas, que auxilia no controle e acompanhamento do progresso do projeto [20].

8) *Github*: Sistema de controle de versões que registra alterações no código, permitindo rastreamento, colaboração e reversão segura de mudanças [21].

9) *SQLite*: Banco de dados leve e embutido, ideal para armazenar localmente informações de forma rápida e estruturada, sem necessidade de servidor externo [22].

## III. TRABALHOS CORRELATOS

Dois estudos recentes servem como base para contextualizar a proposta deste trabalho, especialmente por também abordarem sistemas computacionais aplicados à nutrição e à personalização alimentar com o apoio de técnicas de inteligência artificial.

### A. Knowledge-based Decision Support System for recommending safe recipes to individuals with dysphagia

O trabalho desenvolvido por Spoladore et al. (2024) propõe um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) baseado em estrutura

de conhecimento clínico, voltado à recomendação de receitas seguras para pacientes com disfagia – condição clínica que compromete a deglutição e pode levar à desnutrição. O sistema foi construído em colaboração com especialistas em otorrinolaringologia, neurologia e nutrição, e incorpora conhecimento clínico formalizado por meio de modelo organizado de informações clínicas, utilizando as escalas DOSS (*Dysphagia Outcome and Severity Scale*) que avalia funcionalmente o grau de disfagia e a segurança da via oral e PAS(Penetration-Aspiration Scale) que mede o risco de penetração ou aspiração de alimentos nas vias aéreas para classificar a severidade da disfagia e adequar as consistências alimentares às limitações dos pacientes. Para classificar a severidade da disfagia e adequar as consistências alimentares às limitações dos pacientes [3].

Este trabalho contribuiu para a pesquisa ao demonstrar a viabilidade de integrar conhecimento clínico com tecnologias digitais para gerar recomendações alimentares seguras. Serviu de base conceitual para reforçar a proposta de personalização nutricional, validando a importância de adaptar sugestões alimentares de cada paciente com abordagem baseada em aprendizado de máquina.

### B. Aplicação do Classificador K-Nearest Neighbors (KNN) na Área da Saúde: Relação Cintura-Quadril e Pressão Arterial

O trabalho de Passos et al. (2021) teve como objetivo aplicar o algoritmo *K-Nearest Neighbors KNN* para classificar indivíduos com base em dois indicadores importantes de saúde: a relação cintura-quadril e os níveis de pressão arterial. A proposta visou verificar a eficácia do *KNN* como classificador em um cenário real de aplicação na área médica, onde essas variáveis são comumente associadas ao risco de doenças cardiovasculares [16].

Este trabalho contribuiu de forma prática para o desenvolvimento do sistema apresentado, ao demonstrar como o algoritmo *KNN* pode ser aplicado em contextos relacionados à saúde. A forma como o estudo foi estruturado e os dados foram utilizados ajudaram a refletir sobre a possibilidade de empregar esse tipo de abordagem em sistemas nutricionais.

## IV. METODOLOGIA

A construção do sistema seguiu os princípios da engenharia de software, adotando uma abordagem ágil, mais especificamente o framework *Scrum* [15]. A escolha por essa metodologia se deu devido à sua capacidade de promover entregas incrementais, curtas e contínuas, aliada à flexibilidade para lidar com mudanças nos requisitos ao longo do tempo.

Este projeto utiliza uma adaptação do *Scrum*. A principal mudança são reuniões diárias e dá lugar a uma reunião semanal com o orientador, usada como ponto de verificação para revisar o avanço, reordenar prioridades do *backlog* e tratar impedimentos. Os ciclos têm duração flexível de 1 a 2 semanas, definida conforme a complexidade das entregas e o calendário acadêmico. As demais práticas e artefatos são mantidos, com plano de ciclo, análise e retrospectiva, ocorrendo no início e no fim de cada ciclo [15].

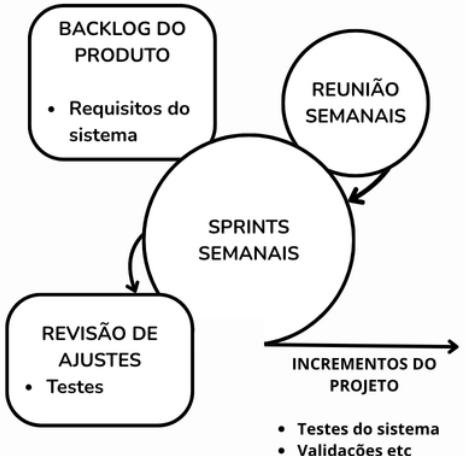


Figura 2. Adaptação do framework Scrum para o desenvolvimento do projeto.

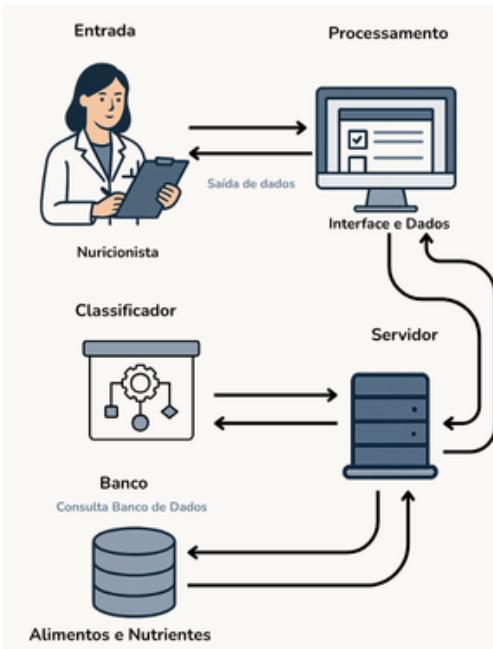


Figura 3. Visão do funcionamento do sistema proposto

A Figura 2, representa visualmente a adaptação do Scrum ao contexto de desenvolvimento desse trabalho. O ciclo inicia com a definição do *backlog do produto*, que reúne os requisitos do sistema, revisão e desenvolvimento. A cada ciclo semanal, Uma nova funcionalidade é desenvolvida e testada, Que ao final de cada *sprint* são realizadas revisões do ciclo e ajustes no *backlog*. Esse processo se repete de forma interativa até a conclusão do trabalho.

Durante o processo, foi utilizada a ferramenta *Trello* para gerenciamento visual das tarefas e controle do progresso das ciclos. E o versionamento do código foi mantido com o *Git*, assegurando rastreabilidade e facilitando a colaboração e controle das versões.

#### A. Descrição do Sistema

O presente trabalho desenvolveu um Sistema de Apoio à Decisão para auxiliar nutricionistas na substituição e recomendação de alimentos com base nos valores de nutrientes semelhantes. A Figura 3 apresenta uma visão geral do funcionamento do sistema, destacando a interação entre o nutricionista, a interface web, o servidor de aplicação e a base de dados de composição nutricional.

O ponto de partida é a entrada de dados pelo profissional de saúde. Na interface web, o nutricionista pode localizar o alimento de referência de duas formas: digitando diretamente seu nome na barra de pesquisa (por exemplo, “carne bovina, coxão mole sem gordura”) ou navegando pelas categorias do sistema, como “Carnes e derivados”, “Cereais e derivados”, entre outras. Uma vez encontrado o alimento desejado, o usuário o seleciona e, em seguida, escolhe as características nutricionais que deseja preservar na substituição, como energia (kcal), proteínas, carboidratos, lipídios, fibras e demais micronutrientes relevantes ao planejamento da dieta.

Após a seleção do alimento base e dos nutrientes de interesse, o nutricionista, por meio da interface, solicita o cálculo de similaridade, enviando esses dados ao servidor, que aciona o módulo classificador. Esse módulo implementa o algoritmo *K-Nearest Neighbors*, responsável por calcular a similaridade nutricional entre o alimento informado e os demais alimentos presentes na base de dados, previamente alimentada com informações da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. O algoritmo calcula as distâncias no espaço dos nutrientes escolhidos e seleciona os k alimentos mais próximos, ordenando-os de forma crescente pela distância euclidiana, isto é, dos mais semelhantes para os menos semelhantes.

Em seguida, o servidor retorna à interface uma lista ordenada de alimentos considerados nutricionalmente similares ao alimento de referência. Essa lista é exibida ao nutricionista em uma página web, contendo os valores nutricionais detalhados e uma indicação de similaridade, permitindo comparar rapidamente as opções sugeridas. As recomendações são apresentadas como sugestões de substituição, cabendo sempre ao profissional avaliar, à luz do contexto clínico e das preferências do paciente, quais alternativas serão efetivamente

Tabela II  
HISTÓRIAS DE USUÁRIO ORGANIZADAS POR ÉPICO

<b>Épico</b>	<b>ID</b>	<b>Descrição da História de Usuário</b>
Entrada de Dados	HU1.1	Como nutricionista, quero informar um alimento de referência, para que o sistema possa iniciar a recomendação.
	HU1.2	Como nutricionista, quero indicar prioridades nutricionais (ex: proteínas ou fibras), para personalizar as recomendações.
	HU1.3	Como nutricionista, quero acessar o banco de dados manualmente.
Processamento com KNN	HU2.1	Como nutricionista, quero que o sistema utilize um algoritmo de similaridade nutricional para sugerir alimentos com perfil semelhante ao alimento de entrada.
	HU2.2	Como sistema, quero acessar o banco de dados para calcular a similaridade nutricional entre alimentos.
	HU2.3	Como sistema, devo ordenar as sugestões do alimento mais semelhantes por pontuação.
Exibição de Resultados	HU3.1	Como nutricionista, quero visualizar a lista de alimentos recomendados com seus dados nutricionais detalhados.
	HU3.2	Como nutricionista, quero acessar informações detalhadas de cada alimento para compará-los.
Interface e Usabilidade	HU4.1	Como nutricionista, quero uma interface responsiva para computador.
	HU4.2	Como nutricionista, quero que os campos do formulário sejam claros e exemplificados, para evitar erros na entrada de dados.
	HU5.3	Como nutricionista, quero que os dados nutricionais sejam apresentados de forma organizada em tabela, para facilitar comparações.

adotadas. Caso deseje, o nutricionista ainda pode recorrer à busca manual, acessando diretamente o banco de dados para explorar outras possibilidades de alimentos.

#### B. Requisitos do Sistema

Os requisitos do sistema foram estruturados no formato de histórias de usuário, elaboradas considerando a experiência prática do nutricionista no processo de prescrição alimentar, analisando os dados nutricionais da Tabela TACO, os fluxos de interação do sistema e as funcionalidades essenciais ao contexto.

Essas histórias foram agrupadas em épicos, de forma a reunir funcionalidades relacionadas em torno de um mesmo objetivo dentro do fluxo de uso da aplicação. Assim, foram definidos quatro épicos principais: *Entrada de Dados*, *Processamento com KNN*, *Exibição de Resultados* e *Interface e Usabilidade*, conforme apresentado na Tabela II.

#### C. Projeto

Nesta seção é apresentado o diagrama de domínio, referenciado pela Figura 4. As classes e seus vínculos refletem a estrutura dos dados utilizada pelo *backend* para executar o *KNN* e montar a resposta enviada à interface.

O modelo explica os relacionamentos e os atributos relevantes para a aplicação: uma *Recomendação* está sempre associada a um único *Alimento* base e agrega um conjunto de *Alimentos Recomendados*. Cada item recomendado, por sua vez, está ligado a exatamente uma *Recomendação* e a um único *Alimento* da base de dados, que fornece a descrição textual, a categoria e os nutrientes usados no cálculo de similaridade. Essa visão de alto nível serve como mapa para a leitura

das subseções a seguir, onde cada classe é descrita de forma objetiva.

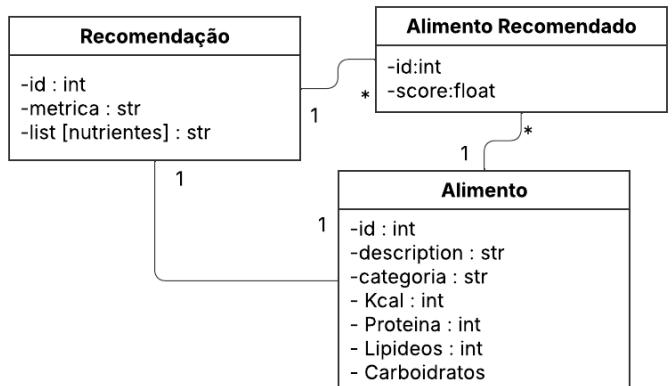


Figura 4. Diagrama de classes do domínio do sistema proposto

**Recomendação:** Conjunto de sugestões geradas a partir de um alimento base. A entidade armazena um identificador da recomendação, a métrica de similaridade selecionada e a lista de *nutrientes* considerados no cálculo. A partir desses parâmetros, a recomendação agrupa vários *Alimentos Recomendados* associados ao alimento de referência.

**Alimento Recomendado:** Item sugerido pelo sistema como alternativa ao alimento base. Cada registro guarda o *id* do alimento da base e o seu *score* de similaridade, em escala percentual, calculado a partir dos nutrientes informados na recomendação. Os demais dados do alimento (descrição, categoria e nutrientes) são obtidos via relacionamento com a entidade *Alimento*.

*Alimento*: Define a estrutura de um alimento com base nos dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Contém atributos como *id*, *description*, *categoria* e nutrientes numéricos, por exemplo *Kcal*, proteína, lipídeos e carboidratos, entre outros presentes na tabela original. Esses valores servem de entrada para a comparação nutricional realizada pelo algoritmo de similaridade.

#### D. Implementação

A implementação seguiu o pipeline da construção da base de dados, implementação do algoritmo *KNN*, desenvolvimento da interface web. A seguir, cada componente é descrito com os trechos essenciais em pseudocódigo.

1) *Construção da base de dados*: A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos foi integrada ao sistema a partir de um arquivo em formato *JSON - JavaScript Object Notation*, obtido do repositório GitHub de Marcelo Santo [14]. Após validar que os dados correspondiam à tabela original, o arquivo foi convertido para um banco de dados *SQLite* por meio de um conversor implementado em Python, responsável por transformar cada objeto do arquivo *JSON* em uma linha de tabela relacional. Cada um destes objetos do arquivo contém os atributos do alimento no formato chave–valor. Valores como “NA”, “Tr” e campos vazios demonstrado no Listing 1, foram convertidos em *NULL* e armazenados em colunas numéricas do *SQLite*. O banco é composto por uma única tabela, com as colunas *Id*, *description*, *category*, *energy-kcal*, etc, que foram traduzidos e convertidos para os valores decimais conforme a tabela original.

```

1 {
2     "id": 351,
3     "description": "Carne, bovina, cox o
4         mole, sem gordura, cozido",
5     "category": "Carnes e derivados",
6     "humidity_percents": 58.04333333333333,
7     "energy_kcal": 218.6751,
8     "energy_kj": 914.9366184,
9     "protein_g": 32.38333333333333,
10    "lipid_g": 8.91333333333333,
11    "cholesterol_mg": 84.15,
12    "carbohydrate_g": 0,
13    "fiber_g": "NA",
14    "manganese_mg": "Tr",
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
509
510
511
512
513
514
515
516
517
517
518
519
519
520
521
522
523
524
525
526
527
527
528
529
529
530
531
532
533
534
535
536
537
537
538
539
539
540
541
542
543
544
545
545
546
547
547
548
549
549
550
551
552
553
554
555
556
556
557
558
558
559
559
560
561
562
563
563
564
565
565
566
566
567
567
568
568
569
569
570
571
571
572
572
573
573
574
574
575
575
576
576
577
577
578
578
579
579
580
580
581
581
582
582
583
583
584
584
585
585
586
586
587
587
588
588
589
589
590
590
591
591
592
592
593
593
594
594
595
595
596
596
597
597
598
598
599
599
600
600
601
601
602
602
603
603
604
604
605
605
606
606
607
607
608
608
609
609
610
610
611
611
612
612
613
613
614
614
615
615
616
616
617
617
618
618
619
619
620
620
621
621
622
622
623
623
624
624
625
625
626
626
627
627
628
628
629
629
630
630
631
631
632
632
633
633
634
634
635
635
636
636
637
637
638
638
639
639
640
640
641
641
642
642
643
643
644
644
645
645
646
646
647
647
648
648
649
649
650
650
651
651
652
652
653
653
654
654
655
655
656
656
657
657
658
658
659
659
660
660
661
661
662
662
663
663
664
664
665
665
666
666
667
667
668
668
669
669
670
670
671
671
672
672
673
673
674
674
675
675
676
676
677
677
678
678
679
679
680
680
681
681
682
682
683
683
684
684
685
685
686
686
687
687
688
688
689
689
690
690
691
691
692
692
693
693
694
694
695
695
696
696
697
697
698
698
699
699
700
700
701
701
702
702
703
703
704
704
705
705
706
706
707
707
708
708
709
709
710
710
711
711
712
712
713
713
714
714
715
715
716
716
717
717
718
718
719
719
720
720
721
721
722
722
723
723
724
724
725
725
726
726
727
727
728
728
729
729
730
730
731
731
732
732
733
733
734
734
735
735
736
736
737
737
738
738
739
739
740
740
741
741
742
742
743
743
744
744
745
745
746
746
747
747
748
748
749
749
750
750
751
751
752
752
753
753
754
754
755
755
756
756
757
757
758
758
759
759
760
760
761
761
762
762
763
763
764
764
765
765
766
766
767
767
768
768
769
769
770
770
771
771
772
772
773
773
774
774
775
775
776
776
777
777
778
778
779
779
780
780
781
781
782
782
783
783
784
784
785
785
786
786
787
787
788
788
789
789
790
790
791
791
792
792
793
793
794
794
795
795
796
796
797
797
798
798
799
799
800
800
801
801
802
802
803
803
804
804
805
805
806
806
807
807
808
808
809
809
810
810
811
811
812
812
813
813
814
814
815
815
816
816
817
817
818
818
819
819
820
820
821
821
822
822
823
823
824
824
825
825
826
826
827
827
828
828
829
829
830
830
831
831
832
832
833
833
834
834
835
835
836
836
837
837
838
838
839
839
840
840
841
841
842
842
843
843
844
844
845
845
846
846
847
847
848
848
849
849
850
850
851
851
852
852
853
853
854
854
855
855
856
856
857
857
858
858
859
859
860
860
861
861
862
862
863
863
864
864
865
865
866
866
867
867
868
868
869
869
870
870
871
871
872
872
873
873
874
874
875
875
876
876
877
877
878
878
879
879
880
880
881
881
882
882
883
883
884
884
885
885
886
886
887
887
888
888
889
889
890
890
891
891
892
892
893
893
894
894
895
895
896
896
897
897
898
898
899
899
900
900
901
901
902
902
903
903
904
904
905
905
906
906
907
907
908
908
909
909
910
910
911
911
912
912
913
913
914
914
915
915
916
916
917
917
918
918
919
919
920
920
921
921
922
922
923
923
924
924
925
925
926
926
927
927
928
928
929
929
930
930
931
931
932
932
933
933
934
934
935
935
936
936
937
937
938
938
939
939
940
940
941
941
942
942
943
943
944
944
945
945
946
946
947
947
948
948
949
949
950
950
951
951
952
952
953
953
954
954
955
955
956
956
957
957
958
958
959
959
960
960
961
961
962
962
963
963
964
964
965
965
966
966
967
967
968
968
969
969
970
970
971
971
972
972
973
973
974
974
975
975
976
976
977
977
978
978
979
979
980
980
981
981
982
982
983
983
984
984
985
985
986
986
987
987
988
988
989
989
990
990
991
991
992
992
993
993
994
994
995
995
996
996
997
997
998
998
999
999
1000
1000
1001
1001
1002
1002
1003
1003
1004
1004
1005
1005
1006
1006
1007
1007
1008
1008
1009
1009
1010
1010
1011
1011
1012
1012
1013
1013
1014
1014
1015
1015
1016
1016
1017
1017
1018
1018
1019
1019
1020
1020
1021
1021
1022
1022
1023
1023
1024
1024
1025
1025
1026
1026
1027
1027
1028
1028
1029
1029
1030
1030
1031
1031
1032
1032
1033
1033
1034
1034
1035
1035
1036
1036
1037
1037
1038
1038
1039
1039
1040
1040
1041
1041
1042
1042
1043
1043
1044
1044
1045
1045
1046
1046
1047
1047
1048
1048
1049
1049
1050
1050
1051
1051
1052
1052
1053
1053
1054
1054
1055
1055
1056
1056
1057
1057
1058
1058
1059
1059
1060
1060
1061
1061
1062
1062
1063
1063
1064
1064
1065
1065
1066
1066
1067
1067
1068
1068
1069
1069
1070
1070
1071
1071
1072
1072
1073
1073
1074
1074
1075
1075
1076
1076
1077
1077
1078
1078
1079
1079
1080
1080
1081
1081
1082
1082
1083
1083
1084
1084
1085
1085
1086
1086
1087
1087
1088
1088
1089
1089
1090
1090
1091
1091
1092
1092
1093
1093
1094
1094
1095
1095
1096
1096
1097
1097
1098
1098
1099
1099
1100
1100
1101
1101
1102
1102
1103
1103
1104
1104
1105
1105
1106
1106
1107
1107
1108
1108
1109
1109
1110
1110
1111
1111
1112
1112
1113
1113
1114
1114
1115
1115
1116
1116
1117
1117
1118
1118
1119
1119
1120
1120
1121
1121
1122
1122
1123
1123
1124
1124
1125
1125
1126
1126
1127
1127
1128
1128
1129
1129
1130
1130
1131
1131
1132
1132
1133
1133
1134
1134
1135
1135
1136
1136
1137
1137
1138
1138
1139
1139
1140
1140
1141
1141
1142
1142
1143
1143
1144
1144
1145
1145
1146
1146
1147
1147
1148
1148
1149
1149
1150
1150
1151
1151
1152
1152
1153
1153
1154
1154
1155
1155
1156
1156
1157
1157
1158
1158
1159
1159
1160
1160
1161
1161
1162
1162
1163
1163
1164
1164
1165
1165
1166
1166
1167
1167
1168
1168
1169
1169
1170
1170
1171
1171
1172
1172
1173
1173
1174
1174
1175
1175
1176
1176
1177
1177
1178
1178
1179
1179
1180
1180
1181
1181
1182
1182
1183
1183
1184
1184
1185
1185
1186
1186
1187
1187
1188
1188
1189
1189
1190
1190
1191
1191
1192
1192
1193
1193
1194
1194
1195
1195
1196
1196
1197
1197
1198
1198
1199
1199
1200
1200
1201
1201
1202
1202
1203
1203
1204
1204
1205
1205
1206
1206
1207
1207
1208
1208
1209
1209
1210
1210
1211
1211
1212
1212
1213
1213
1214
1214
1215
1215
1216
1216
1217
1217
1218
1218
1219
1219
1220
1220
1221
1221
1222
1222
1223
1223
1224
1224
1225
1225
1226
1226
1227
1227
1228
1228
1229
1229
1230
1230
1231
1231
1232
1232
1233
1233
1234
1234
1235
1235
1236
1236
1237
1237
1238
1238
1239
1239
1240
1240
1241
1241
1242
1242
1243
1243
1244
1244
1245
1245
1246
1246
1247
1247
1248
1248
1249
1249
1250
1250
1251
1251
1252
1252
1253
1253
1254
1254
1255
1255
1256
1256
1257
1257
1258
1258
1259
1259
1260
1260
1261
1261
1262
1262
1263
1263
1264
1264
1265
1265
1266
1266
1267
1267
1268
1268
1269
1269
1270
1270
1271
1271
1272
1272
1273
1273
1274
1274
1275
1275
1276
1276
1277
1277
1278
1278
1279
1279
1280
1280
1281
1281
1282
1282
1283
1283
1284
1284
1285
1285
1286
1286
1287
1287
1288
1288
1289
1289
1290
1290
1291
1291
1292
1292
1293
1293
1294
1294
1295
1295
1296
1296
1297
1297
1298
1298
1299
1299
1300
1300
1301
1301
1302
1302
1303
1303
1304
1304
1305
1305
1306
1306
1307
1307
1308
1308
1309
1309
1310
1310
1311
1311
1312
1312
1313
1313
1314
1314
1315
1315
1316
1316
1317
1317
1318
1318
1319
1319
1320
1320
1321
1321
1322
1322
1323
1323
1324
1324
1325
1325
1326
1326
1327
1327
1328
1328
1329
1329
1330
1330
1331
1331
1332
1332
1333
1333
1334
1334
1335
1335
1336
1336
1337
1337
1338
1338
1339
1339
1340
1340
1341
1341
1342
1342
1343
1343
1344
1344
1345
1345
1346
1346
1347
1347
1348
1348
1349
1349
1350
1350
1351
1351
1352
1352
1353
1353
1354
1354
1355
1355
1356
1356
1357
1357
1358
1358
1359
1359
1360
1360
1361
1361
1362
1362
1363
1363
1364
1364
1365
1365
1366
1366
1367
1367
1368
1368
1369
1369
1370
1370
1371
1371
1372
1372
1373
1373
1374
1374
1375
1375
1376
1376
1377
1377
1378
1378
1379
1379
1380
1380
1381
1381
1382
1382
1383
1383
1384
1384
1385
1385
1386
1386
1387
1387
1388
1388
1389
1389
1390
1390
1391
1391
1392
1392
1393
1393
1394
1394
1395
1395
1396
1396
1397
1397
1398
1398
1399
1399
1400
1400
1401
1401
1402
1402
1403
1403
1404
1404
1405
1405
1406
1406
1407
1407
1408
1408
1409
1409
1410
1410
1411
1411
1412
1412
1413
1413
1414
1414
1415
1415
1416
1416
1417
1417
1418
1418
1419
1419
1420
1420
1421
1421
1422
1422
1423
1423
1424
1424
1425
1425
1426
1426
1427
1427
1428
1428
1429
1429
1430
1430
1431
1431
1432
1432
1433
1433
1434
1434
1435
1435
1436
1436
1437
1437
1438
1438
1439
1439
1440
1440
1441
1441
1442
1442
1443
1443
1444
1444
1445
1445
1446
1446
1447
1447
1448
1448
1449
1449
1450
1450
1451
1451
1452
1452
1453
1453
1454
1454
1455
1455
1456
1456
1457
1457
1458
1458
1459
1459
1460
1460
1461
1461
1462
1462
1463
1463
1464
1464
1465
1465
1466
1466
1467
1467
1468
1468
1469
1469
1470
1470
1471
1471
1472
1472
1473
1473
1474
1474
1475
1475
1476
1476
1477
1477
1478
1478
1479
1479
1480
1480
1481
1481
1482
1482
1483
1483
1484
1484
1485
1485
1486
1486
1487
1487
1488
1488
1489
1489
1490
14
```

código percorre o vetor de atributos já normalizados, aplica os pesos (armazenados em  $w$ ) e acumula a soma dos quadrados das diferenças entre o alimento base e o candidato. Ao final, a raiz quadrada dessa soma produz a distância euclidiana, que é usada para ordenar os vizinhos mais próximos. A Listing 5 ilustra o cálculo de distância e prepara a lista de resultados.

```

1 raw = []
2 for v in cands:
3     dist = sqrt(sum(w[i] * (base[i]-v[i])^2))
4     raw.append((v.id, v.desc, v.cat, dist))
5
6 scored = pct_from_dist(raw)
7 return top_k(scored, k)

```

Listing 5. Distâncias e seleção dos top- $k$  vizinhos

c) *Conversão para pontuação (0–100)*: Para tornar a saída mais esclarecida pelo usuário final, as distâncias são convertidas em uma pontuação de similaridade na escala de 0 a 100. Esse módulo, também implementado em Python, identifica a menor e a maior distância observadas e aplica uma normalização linear: a menor distância recebe pontuação mais alta, e a maior distância recebe pontuação próxima de zero. Em seguida, o valor é limitado ao intervalo [0, 100] e arredondado para uma casa decimal, produzindo a pontuação exibida na interface. A Listing 6 apresenta essa normalização.

```

1 dmin, dmax = minmax(dists)
2 pct = (dmax - d) / (dmax - dmin) * 100
3 pct = round(clamp(pct, 0, 100), 1)

```

Listing 6. Normalização das distâncias em pontuação de 0 a 100

3) *Desenvolvimento da interface web* : A interface do sistema foi desenvolvida em *React*, executada em ambiente *Expo* e estruturada com componentes do *React Native* renderizados no navegador por meio do *React Native Web*. As telas são organizadas em uma única página, controlada por estados internos, e incluem: página inicial, seleção por categorias, detalhe do alimento de referência, página de resultados com recomendações e uma página “Sobre”. A comunicação com o *backend* em FastAPI é feita por meio de requisições HTTP que retornam dados em formato JSON, posteriormente exibidos em listas, cartões e tabelas com os alimentos similares e suas pontuações.

Para a camada visual, são utilizados elementos HTML (campo de busca, botões, contêineres e tabelas) combinados com estilos e variáveis CSS, garantindo um layout limpo e consistente. O sistema suporta tema claro e escuro por meio de um seletor na barra de navegação: ao alternar o tema, são atualizadas variáveis globais de cor e a preferência do usuário é persistida, mantendo a aparência entre sessões. A responsividade é obtida com *flexbox* e contêineres de largura fluida, permitindo o uso confortável tanto em monitores quanto em dispositivos móveis.

Do ponto de vista de usabilidade, a interface implementa um campo de busca com *debounce* para evitar requisições excessivas, o sistema valida se há pelo menos um nutriente selecionado; caso contrário, é exibido um alerta no meio da tela para orientar o usuário a escolher as colunas desejadas.

Esses recursos, aliados à navegação simples entre “Início” e “Sobre”, contribuem para uma interação mais clara e agradável para o nutricionista.

## V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### A. Tela Inicial

Na parte superior, há uma barra fixa com o nome fictício da aplicação (NutriFinder) e três opções: *Início*, que permite retornar à tela principal; *Sobre*, que exibe informações adicionais sobre a ferramenta; e o seletor de tema *Escuro*, que alterna entre os modos claro e escuro. Logo abaixo da barra, são exibidos o título “Tabela de Busca de Similaridade Nutricional” e um texto descritivo indicando que a Tabela TACO é utilizada como referência.

Em seguida, há um campo de pesquisa em que o usuário pode digitar diretamente o alimento desejado. Alternativamente, ele pode utilizar os cards de categoria mostrados abaixo, como “Todos”, “Carnes e derivados”, “Frutas e derivados”, entre outros, para selecionar um grupo específico de alimentos. Essa interface é ilustrada na Figura 5.

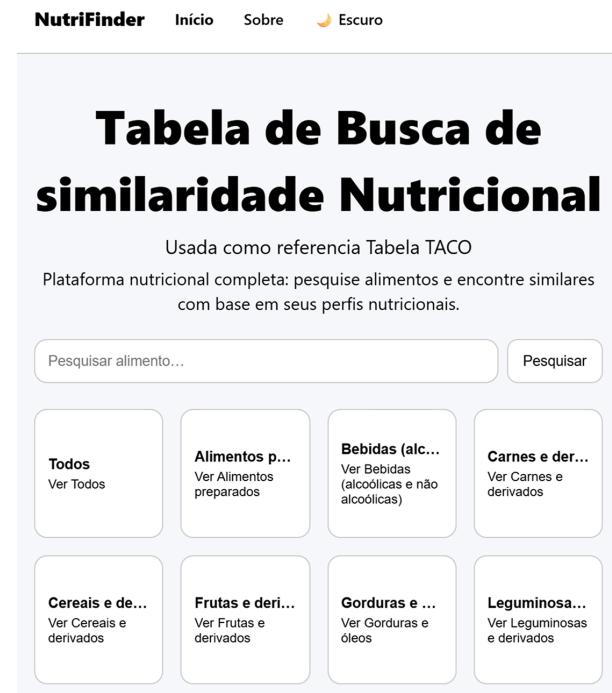


Figura 5. Tela inicial com campo de busca e seleção de alimentos baseado em categorias nutricionais.

### B. Seleção de alimento

Quando o usuário escolhe uma categoria, como Carnes e derivados, o usuário é direcionado para uma tela que lista todos os alimentos dessa categoria. Cada alimento é apresentado com seu nome, energia (kcal), carboidratos e proteínas, além da opção “Saiba mais”, que permite acessar informações adicionais e prosseguir com o cálculo. Essa etapa é ilustrada na Figura 6.

Carne, bovina, coxão duro, sem gordura, cozido	Carne, bovina, coxão duro, sem gordura, cru	Carne, bovina, coxão mole, sem gordura, cozido
Energia (kcal) <b>217.0</b>	Energia (kcal) <b>148.0</b>	Energia (kcal) <b>219.0</b>
Carbohidratos <b>0.00</b>	Carbohidratos <b>0.00</b>	Carbohidratos <b>0.00</b>
Proteínas <b>31.90</b>	Proteínas <b>21.50</b>	Proteínas <b>32.40</b>

Figura 6. Seleção de alimento.

### C. Função selecionar nutrientes

Carne, bovina, coxão mole, sem gordura, cru — Carnes e derivados	
<b>Tabela nutricional</b>	
Umidade (%) <b>68.60</b>	Energia (kcal) <b>169.0</b>
Energia (kJ) <b>707.0</b>	Proteína (g) <b>21.20</b>
Lipídeos (g) <b>8.70</b>	Colesterol (mg) <b>84.00</b>

Escolha quantos alimentos similares deseja ver :

Mesma categoria: não Nutrientes selecionados: 3 **Calcular similaridade**

Figura 7. Seleção de nutrientes.

Na Figura 7 é selecionada o exemplo de coxão mole, sem gordura, cru de carnes e derivados, com a seleção de Kcal, Proteína e Lipídeos. É exibida uma tabela com todos os valores nutricionais, permitindo que o usuário selecione aqueles que deseja utilizar no cálculo. Abaixo, há uma barra fixa em que é possível definir quantos alimentos similares serão exibidos, se o cálculo será restrito à mesma categoria do alimento base e acionar o botão de calcular similaridade, conforme ilustrado.

### D. Resultado da pesquisa

Ao acionar o botão *Calcular similaridade*, o alimento de referência é exibido na parte superior da tela, juntamente

com os nutrientes selecionados (por exemplo, energia, proteína e lipídeos). No canto superior direito desse card, a opção *Exibir tabela completa* (permite visualizar todos os nutrientes disponíveis). Abaixo, é apresentada uma tabela com os alimentos mais similares, indicando para cada um a descrição, a categoria, os valores dos nutrientes escolhidos e a pontuação de similaridade, o que auxilia o usuário a identificar quais opções estão mais próximas do alimento base.

No exemplo apresentado na Figura 8, a substituição de *carne, bovina, coxão mole, sem gordura, cru* com os nutrientes selecionados: 169 kcal, 21,20 g de proteína e 8,70 g de lipídeos. resulta na recomendação do alimento *Porco, bistecca, crua*, da categoria *Carnes e derivados*, que atinge 100 % de pontuação ilustrada como a mais proxima e apresenta, para os nutrientes selecionados, 164 kcal, 21,50 g de proteína e 8,00 g de lipídeos, com 98,10% de pontuação ilustrada como a mais distante e apresenta *Salmão, sem pele, fresco, cru* com os nutrientes selecionados: 170 kcal, 19,30 g de proteína e 9,70 g de lipídeos.

[← Voltar](#)

**Carne, bovina, coxão mole, sem gordura, cru — Carnes e derivados** Exibir tabela completa

Energia (kcal) <b>169.0</b>	Proteína (g) <b>21.20</b>	Lipídeos (g) <b>8.70</b>
--------------------------------	------------------------------	-----------------------------

Valores nutricionais com base em 100g do alimento dos similares.

Descrição	Categoria	Energia (kcal)	Proteína (g)	Lipídeos (g)	Pontuação
Porco, bistecca, crua	Carnes e derivados	164.0	21.50	8.00	<b>100.00</b>
Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, cru	Carnes e derivados	163.0	21.60	7.80	<b>99.80</b>
Carne, bovina, paleta, com gordura, crua	Carnes e derivados	159.0	21.40	7.50	<b>99.50</b>
Porco, lombo, cru	Carnes e derivados	176.0	22.60	8.80	<b>98.90</b>
Carne, bovina, maminha, crua	Carnes e derivados	153.0	20.90	7.00	<b>98.80</b>
Frango, peito, com pele, cru	Carnes e derivados	149.0	20.80	6.70	<b>98.40</b>
Salmão, sem pele, fresco, cru	Pescados e frutos do mar	170.0	19.30	9.70	<b>98.10</b>

Figura 8. Resultados.

## VI. CONCLUSÃO

Este trabalho partiu do desafio de apoiar nutricionistas na substituição de alimentos de forma rápida e fundamentada em dados. O objetivo foi construir um sistema que, a partir da tabela TACO, que identifique alimentos com perfis nutricionais

semelhantes e apresente opções de substituição. O desenvolvimento seguiu Scrum adaptado, com requisitos estruturados em histórias de usuário.

Foi implementado um sistema funcional com *backend* em Python e dados retirados da tabela brasileira de composição de alimentos importada para SQLite, o algoritmo *KNN* utiliza a distância euclidiana para fazer suas análises, considerando apenas as colunas escolhidas e que foram normalizadas usando o método z-score. As similaridades são apresentadas como *score* de 0 a 100, o que facilita a leitura. A interface permite busca por texto e por categorias, seleção de nutrientes prioritários e visualização das alternativas sugeridas.

O sistema permite o objetivo de receber um alimento de referência, processa as variáveis nutricionais, calcula a proximidade euclidiana e retorna um ranking de substituições com justificativa transparente (colunas usadas, métrica e pontuação). O profissional consegue, em poucos passos, comparar opções e decidir. A solução reduz tempo de análise, padroniza critérios e dá suporte a decisões. A apresentação em *score* torna a recomendação comprehensível para o usuário demonstrando, contribuindo para atendimentos mais rápidos.

A versão atual ainda utiliza apenas a métrica euclidiana e depende da integridade e qualidade dos dados da TACO. Não há personalização por paciente, não é possível selecionar apenas uma tabela da escolha do nutricionista para visualizar substituição. Exemplo: selecionar "Coxão mole" e optar por apenas certas categorias sejam selecionadas como : "Leguminosas e derivados" para pacientes que não ingerem carne.

Como próximos passos, propõe-se concentrar esforços em três frentes principais: realizar testes com nutricionistas e estudos de validação clínica das substituições sugeridas; incluir o cálculo por porção em gramas, permitindo estimar automaticamente quantidades equivalentes entre alimentos (por exemplo, a quantidade de batata necessária para substituir 200 g de arroz com perfil nutricional semelhante); e investigar novas métricas de similaridade; pesquisar outras tabelas com informações nutricionais para melhor pesquisa de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. Brito, "Dietas restritivas podem causar problemas de saúde e ganho de peso," *Jornal da USP*, 05-Jan-2017. [Online]. Available: <https://jornal.usp.br/actualidades/dietas-restritivas-podem-causar-problemas-de-saude-e-ganho-de-peso/>. Accessed: Mar. 7, 2025.
- [2] T. Shimizu, *Decisão nas Organizações*, 3<sup>a</sup> ed., São Paulo: Atlas, 2010.
- [3] D. Spoladore *et al.*, "A Knowledge-Based Decision Support System for Recommending Safe Recipes to Individuals with Dysphagia," *Computers in Biology and Medicine*, 2024.
- [4] R. Ali *et al.*, "Intelligent Decision Support Systems—An Analysis of Machine Learning and Multicriteria Decision-Making Methods," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 22, p. 12426, 2023.
- [5] IBM, "K-Nearest Neighbors (KNN)," IBM Think. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/knn>. Accessed: Mar. 7, 2025.
- [6] NEPA/UNICAMP, *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO*, 4<sup>a</sup> ed. revisada e ampliada, Campinas: UNICAMP, 2011. [Online]. Available: <https://www.unicamp.br/nepa/taco>. Accessed: Apr. 17, 2025.
- [7] B. Venkateswarlu and R. Gangula, "Exploring the Power and Practical Applications of K-Nearest Neighbours (KNN) in Machine Learning," *Journal of Computer Allied Intelligence*, vol. 2, no. 1, pp. 8–15, 2024.
- [8] A. Acito, "Introdução ao KNN e seus desafios em ambientes de alta dimensionalidade," *Revista Científica de Aprendizado de Máquina*, 2023.

- [9] A. Biswas *et al.*, "Comparative analysis of KNN performance under curse of dimensionality," *IEEE Transactions on Pattern Analysis*, 2023.
- [10] L. K. Mahan and J. L. Raymond, *Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*, 14<sup>a</sup> ed., São Paulo: Elsevier, 2018.
- [11] J. A. Bittencourt, *Nutrição e Saúde: Como Fazer Escolhas Sensatas em Dieta e Nutrição*, 6. ed., São José dos Campos: J. A. Bittencourt, 2018.
- [12] A. Philippi, *Técnica Dietética: Seleção e Preparação dos Alimentos*, 2. ed., Barueri: Manole, 2008.
- [13] R. Sharda, D. Delen and E. Turban, *Business Intelligence and Analytics: Systems for Decision Support*, 10th ed., Pearson Education, 2015.
- [14] M. Santos, *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos em formato JSON (TACO.json)*, GitHub, 2025. [Online]. Available : <https://github.com/marcelosanto/taco/blob/main/TACO.json>. Accessed: 17 nov, 2025.
- [15] I. Sommerville, *Engenharia de Software*, 9<sup>a</sup> ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- [16] R. P. Passos, L. F. Sílio, B. N. Lima *et al.*, "Aplicação do Classificador K-Nearest Neighbors (KNN) na Área da Saúde: Relação Cintura-Quadril e Pressão Arterial," in *Congresso de Ciências do Desporto e da Saúde do CPAQV*, Maringá: CPAQV, 2021.
- [17] Python Software Foundation, "Python Programming Language." [Online]. Available: <https://www.python.org>.
- [18] Meta Platforms, "React Native – Build Mobile Apps with React." [Online]. Available: <https://reactnative.dev>.
- [19] Expo, "Guides: Overview — Expo Documentation." [Online]. Available: <https://docs.expo.dev/guides/overview/>. Accessed: Nov. 7, 2025.
- [20] Atlassian, "Trello – Project Management Tool." [Online]. Available: <https://trello.com>.
- [21] GitHub, "Project Management – GitHub Projects." [Online]. Available: <https://github.com/features/project-management>.
- [22] SQLite Consortium, "SQLite: Embedded Database Engine." [Online]. Available: <https://www.sqlite.org>.
- [23] WHATWG, "HTML Living Standard." [Online]. Available: <https://html.spec.whatwg.org>.
- [24] W3C, "Cascading Style Sheets (CSS)." [Online]. Available: <https://www.w3.org/Style/CSS/>.
- [25] MDN Web Docs, "JavaScript." [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>.
- [26] RAMÍREZ, Sebastián. *FastAPI: modern, fast (high-performance), web framework for building APIs with Python*. 2018. Disponível em: <https://fastapi.tiangolo.com/>. Acesso em: 17 nov. 2025.