

# MÉTODOS TRADICIONAIS, TECNOLOGIAS RÁPIDAS E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS PARA ANÁLISE DE PROTEÍNAS EM ALIMENTOS: Critérios para escolha do método analítico na indústria

Fernando Silva Chagas, Barbara da Silva Resende, Verusca Andraus Rezende, Marco

Antônio Pereira da Silva, Celso Martins Belisario

Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde

E-mail: [fernando.chagas@estudante.ifgoiano.edu.br](mailto:fernando.chagas@estudante.ifgoiano.edu.br)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19055266>



*A comparação entre os métodos Kjeldahl, Dumas e NIR (Near infrared) evidencia diferenças em precisão, tempo analítico e custo operacional, oferecendo um guia técnico para escolha do método mais adequado no controle de qualidade industrial.*

## INTRODUÇÃO

As proteínas são macronutrientes essenciais, exercendo funções estruturais, nutricionais e tecnológicas nos alimentos. Na indústria alimentícia, influenciam diretamente propriedades como textura, emulsificação, retenção de água e estabilidade de sistemas alimentares, além de serem determinantes para a rotulagem nutricional e o valor comercial dos produtos (NIELSEN, 2020).

Durante o processamento industrial, as proteínas podem sofrer modificações estruturais decorrentes de tratamentos térmicos, variações de pH e cisalhamento mecânico, afetando sua funcionalidade e digestibilidade. Assim, a aplicação de métodos analíticos confiáveis é fundamental para o monitoramento dessas alterações e para a garantia da qualidade dos alimentos processados (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2018).

Historicamente, a análise de proteínas baseia-se na determinação do nitrogênio total da amostra. Contudo, a crescente demanda por análises rápidas, seguras e ambientalmente sustentáveis tem impulsionado a adoção de tecnologias instrumentais modernas, como analisadores automáticos por combustão e métodos espectroscópicos (AOAC, 2019; LECO, 2024).

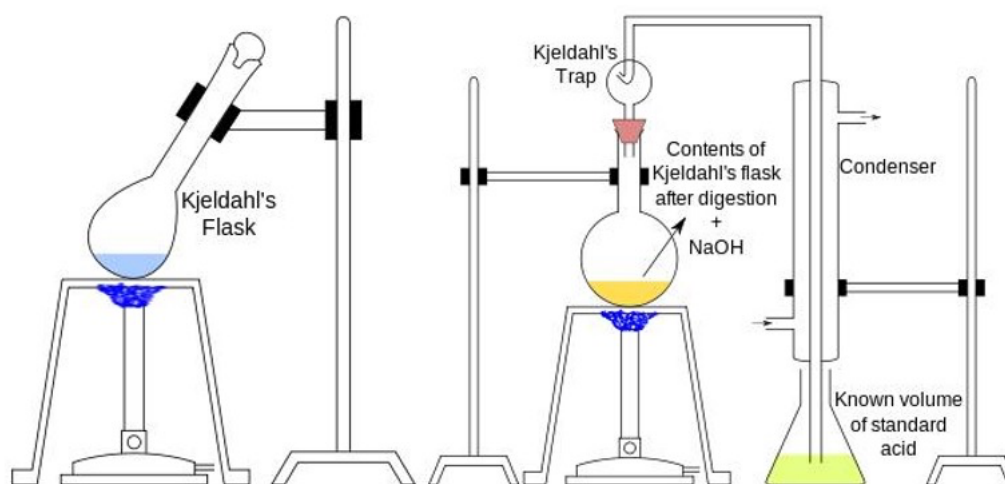
## DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

### PRINCIPAIS MÉTODOS DE ANÁLISE DE PROTEÍNAS

#### Método de Kjeldahl

O método de Kjeldahl é amplamente reconhecido como método de referência para determinação de proteína total em alimentos. Baseia-se na digestão ácida da amostra, seguida da destilação e titulação do nitrogênio, que é convertido em proteína por meio de um fator específico. Apesar de sua ampla aceitação normativa, apresenta desvantagens como elevado tempo de análise, uso de reagentes corrosivos e geração de resíduos químicos (AOAC, 2019; NIELSEN, 2020). O arranjo experimental típico do método, incluindo as etapas de digestão e destilação, está ilustrado na Figura 2, evidenciando os principais componentes do sistema analítico utilizados no procedimento clássico.

**Figura 1** - Esquema do sistema experimental do método de Kjeldahl, destacando as etapas de digestão, destilação e coleta do destilado para titulação.



**Fonte:** Adaptado pelos próprios autores.

#### Método de Dumas e analisadores automáticos

O método de Dumas baseia-se na combustão completa da amostra em alta temperatura, com posterior quantificação do nitrogênio por detector de condutividade térmica. Quando automatizado, como nos analisadores da marca LECO, o método permite análises rápidas, seguras e altamente reprodutíveis, eliminando o uso de ácidos fortes e reduzindo significativamente o tempo analítico (LECO, 2024).

Equipamentos como os modelos FP828 e FP928 são amplamente utilizados em laboratórios industriais de alimentos, rações e ingredientes proteicos, apresentando resultados comparáveis ao método de Kjeldahl, com vantagens operacionais relevantes (LECO, 2023).

A Figura 3 apresenta um analisador automático de proteína por combustão, amplamente utilizado em laboratórios industriais para análises de rotina, destacando-se pela rapidez, segurança operacional e elevada reprodutibilidade dos resultados.

**Figura 2** - Analisador automático de proteína por combustão (método de Dumas), modelo CS744, utilizado para determinação de nitrogênio/proteína total em alimentos.



**Fonte:** LECO (2024).

### **Método espectroscópicos rápidos – NIR/NIRS**

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR/NIRS) é uma técnica não destrutiva que permite a estimativa do teor de proteínas com mínima preparação de amostra. A técnica baseia-se na interação da radiação com grupos funcionais associados às proteínas, sendo especialmente útil para análises rápidas de triagem e controle de processo (CEN; HE, 2007).

Estudos indicam que, após calibração e validação adequadas, o NIR apresenta boa correlação com métodos de referência, tornando-se uma ferramenta estratégica para aplicações industriais em tempo real (PASQUINI, 2018).

A Figura 3 apresenta um analisador NIR utilizado para estimativa do teor proteico em alimentos, amplamente aplicado em rotinas industriais e controle de processo, desde que calibrado e validado com métodos de referência.

**Figura 3** - Analisador por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) utilizado para estimativa rápida do teor de proteínas em alimentos.



**Fonte:** PerkinElmer (2024).

## COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS ANALÍTICOS

A figura 4 apresenta um fluxo comparativo simplificado entre três métodos amplamente utilizados para determinação de proteínas em alimentos — Método de Kjeldahl, Método de Dumas (frequentemente implementado em analisadores da LECO Corporation) e espectroscopia NIR / NIRS. Embora ilustre bem as etapas operacionais, a figura não evidencia plenamente as diferenças práticas entre esses métodos no contexto laboratorial e industrial.

O método de Kjeldahl baseia-se na digestão ácida da amostra para converter o nitrogênio orgânico em amônio, seguido de destilação e titulação para quantificação do nitrogênio total. É um método clássico e amplamente aceito em normas e legislações de alimentos, porém apresenta tempo de análise mais longo, maior consumo de reagentes químicos e geração de resíduos, além de exigir várias etapas operacionais.

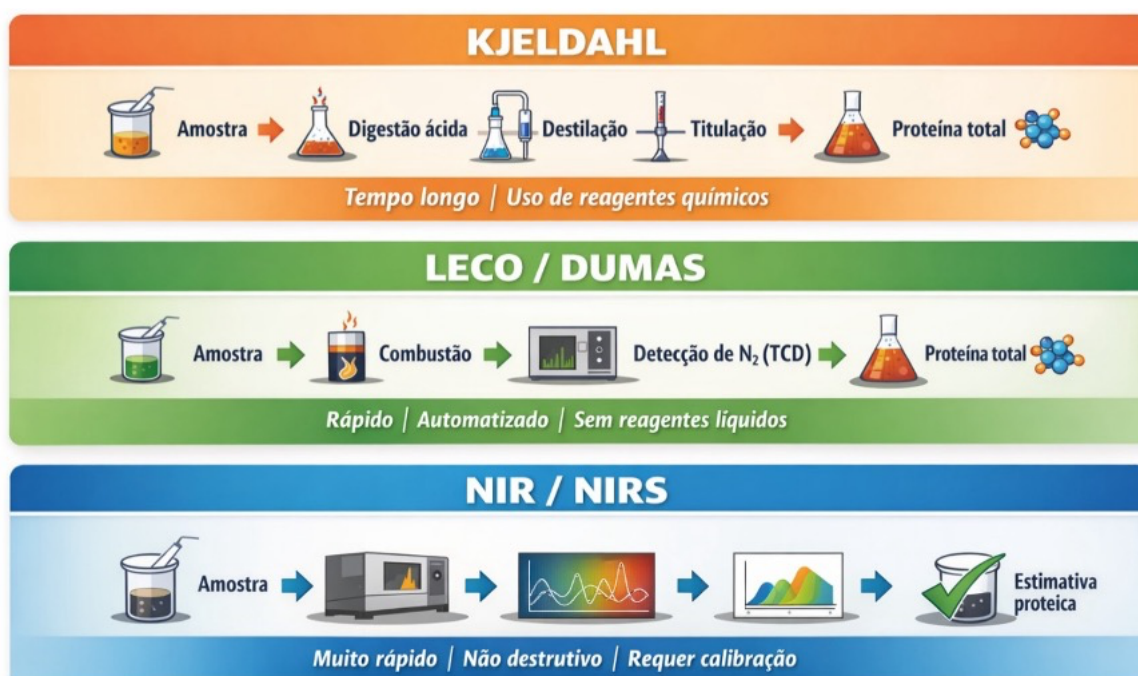
O método de Dumas determina o nitrogênio total por combustão da amostra em alta temperatura, convertendo o nitrogênio em  $N_2$ , posteriormente quantificado por detector de condutividade térmica. Na prática, apresenta tempo de análise menor, alto grau de automação e eliminação do uso de reagentes líquidos, reduzindo riscos e resíduos químicos. Entretanto, o investimento inicial em equipamentos é mais elevado e, assim como no Kjeldahl, a proteína é estimada a partir do nitrogênio total por meio de fatores de conversão.

Já a espectroscopia NIR/NIRS representa uma abordagem instrumental indireta, baseada na correlação entre espectros no infravermelho próximo e a composição química da amostra. Seu principal diferencial é a velocidade extremamente alta de análise, muitas vezes inferior a um minuto, além de ser não destrutiva e não utilizar reagentes químicos. Essas características permitem sua aplicação diretamente em linhas de processo ou em laboratórios de controle rápido. No entanto, diferentemente

dos métodos baseados em nitrogênio, o NIR não mede proteína diretamente, mas estima o teor por meio de modelos de calibração multivariados, que precisam ser previamente desenvolvidos e validados com métodos de referência (como Kjeldahl ou Dumas). Isso significa que a confiabilidade do resultado depende fortemente da qualidade da calibração e da similaridade das amostras analisadas com o conjunto utilizado no desenvolvimento do modelo.

Assim, enquanto Kjeldahl permanece como método de referência e amplamente aceito para fins regulatórios, Dumas oferece maior eficiência analítica e automação para laboratórios industriais, e NIR/NIRS se destaca como ferramenta de triagem ou monitoramento rápido de processo. Na prática, muitos sistemas de controle de qualidade utilizam uma estratégia complementar, em que métodos clássicos (Kjeldahl ou Dumas) são empregados para validação e calibração, enquanto o NIR é utilizado para análises rápidas e monitoramento contínuo da composição proteica.

**Figura 4** -Comparação esquemática dos métodos analíticos Kjeldahl, Dumas (LECO) e NIR/NIRS aplicados à análise de proteínas em alimentos.



**Fonte:** Elaborado pelo autor com auxílio de inteligência artificial (2026).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de proteínas em alimentos é indispensável para assegurar qualidade nutricional, funcionalidade tecnológica e conformidade regulatória. Embora o método de Kjeldahl ainda seja amplamente utilizado como referência, observa-se uma tendência crescente de adoção de tecnologias modernas, como analisadores automáticos baseados no método de Dumas e técnicas espectroscópicas NIR/NIRS. A integração dessas abordagens contribui para maior eficiência analítica, segurança operacional e sustentabilidade nos laboratórios de controle de qualidade da indústria alimentícia.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 21. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2019.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

LECO CORPORATION. **Protein analysis solutions for food and feed**. 2024. Disponível em: <https://www.leco.com/applications/protein-analysis/>. Acesso em: 15 mar. 2026.

NIELSEN, S. S. *Food analysis*. 5. ed. Cham: Springer, 2020.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: a mature analytical technique with new perspectives.

**Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 410, p. 2281–2292, 2018. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/324575129 Near Infrared Spectroscopy a mature analytical technique with new perspectives - A review](https://www.researchgate.net/publication/324575129_Near_Infrared_Spectroscopy_a_mature_analytical_technique_with_new_perspectives_-_A_review) Acesso em: 15 mar. 2026.