



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**ANA CLARA DE MOURA SILVA**

***SPIRULINA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR:  
AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM E CONFORMIDADE COM NORMAS  
VIGENTES**

**JOÃO PESSOA – PB  
2025**

**ANA CLARA DE MOURA SILVA**

***SPIRULINA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR:  
AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM E CONFORMIDADE COM NORMAS  
VIGENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação de Engenharia  
Química do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal da Paraíba, para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.  
Orientador(a): Ana Flavia Santos Coelho

**JOÃO PESSOA - PB  
2025**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586s Silva, Ana Clara de Moura.

SPIRULINA PLATENSIS COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR:  
AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM E CONFORMIDADE COM NORMAS  
VIGENTES / Ana Clara de Moura Silva. - João Pessoa,  
2025.

74 f. : il.

Orientação: Ana Flávia Santos Coelho.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Spirulina platensis. 2. Rotulagem nutricional. 3.  
Suplementação alimentar. 4. ANVISA. 5. Análise de  
composição centesimal. I. Coelho, Ana Flávia Santos.  
II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 66.01(043.2)

**ANA CLARA DE MOURA SILVA**

***SPIRULINA PLATENSIS* COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR:  
AVALIAÇÃO DE ROTULAGEM E CONFORMIDADE COM NORMAS  
VIGENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação de Engenharia  
Química do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal da Paraíba, para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Orientador(a): Ana Flavia Santos Coelho.

Aprovada em 14 de abril de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 ANA FLAVIA SANTOS COELHO  
Data: 23/04/2025 07:46:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dra.º Ana Flávia Santos Coelho (DEQ/CT/UFPB)  
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente  
 SOFACLES FIGUEIREDO CARREIRO SOARES  
Data: 23/04/2025 10:03:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Sofacles Figueiredo Carreiro Soares (DEQ/CT/UFPB)  
(Examinador)

Documento assinado digitalmente  
 JOSE ETIMOGENES DUARTE VIEIRA SEGUNDO  
Data: 23/04/2025 08:44:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. José Etimógenes Duarte Vieira Segundo (DEQ/CT/UFPB)  
(Examinador)

A Deus, por ter sido minha força, luz e guia em todos os momentos de incerteza.  
À minha família, pelo amor, apoio e incentivo incondicionais.  
À minha irmã Carla, por ser minha coragem quando eu não a encontrava em mim.  
Aos amigos, pela presença, pelas palavras de encorajamento e pelas risadas nos dias difíceis.  
E a mim, por ter resistido, me reerguido e seguido com resiliência, mesmo nos dias mais desafiadores.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter sido meu alicerce nos momentos de incerteza, por escutar minhas orações, renovar minhas forças e colocar em meu caminho pessoas que foram essenciais ao longo desta jornada.

À minha família, por todo o amor, incentivo e apoio incondicional. À minha mãe, Josefa, por sempre me incentivar a ser uma versão melhor de mim mesma, com amor e generosidade. Ao meu pai, Manoel, por me ensinar a importância das escolhas que decido não fazer para minha vida. Aos meus irmãos, Érica, Lucas, Eliza e, em especial, à minha irmã Ana Carla, que além de irmã é também uma amiga. Foi ela quem, em muitos momentos, me ofereceu coragem quando eu já não conseguia encontrá-la em mim. À minha sobrinha Laura e à minha avó Laura, por fazerem parte do meu alicerce afetivo e emocional.

À minha professora orientadora, Ana Flávia, pela generosidade em aceitar me guiar nesse momento tão especial, pela paciência, orientação e dedicação. Sua presença foi fundamental para a concretização deste trabalho.

Aos meus amigos, por estarem ao meu lado ao longo dessa jornada. Em especial, à Suwelane, por ser um apoio constante, presente nas longas tardes de laboratório e atenta até nos pequenos gestos, como o envio de artigos que poderiam me ajudar. Sua generosidade e parceria foram fundamentais ao longo dessa jornada. À Bianca, por ser uma amiga com quem pude desabafar e dividir tantos momentos, além de ser minha fiel companheira de cafeteria. À Fernanda e ao Demetrius, por perceberem meus silêncios e sempre perguntarem se eu estava bem, com carinho genuíno. À Evelyn e à Damares, por cuidarem de mim com afeto e por serem amigas verdadeiras, sempre presentes.

A todos os amigos, familiares e ao corpo docente da UFPB que fizeram parte desta caminhada, deixo minha mais profunda gratidão. Cada apoio recebido, cada ensinamento compartilhado e cada palavra de incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Essa jornada foi repleta de desafios, aprendizados e transformações, e é com o coração cheio de gratidão que encerro este ciclo.

E, por último, mas não menos importante, agradeço a mim mesma. Por ter persistido, mesmo diante do cansaço e das incertezas. Por ter aprendido a me reerguer, por ter sido resiliente, e por seguir em frente com coragem e fé. A caminhada não foi fácil, mas foi feita com verdade, determinação e amor.

**Às pessoas que olham para as estrelas e desejam...  
Às estrelas que ouvem e aos sonhos que são atendidos.**

*Sarah J. Maas*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis*, com foco na sua composição nutricional e na conformidade das informações declaradas nos rótulos comerciais frente às normas estabelecidas por legislações vigentes. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas, com destaque para a análise centesimal, que envolveu a determinação dos teores de umidade, proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas. A análise laboratorial permitiu comparar os resultados obtidos com os valores informados pelos fabricantes, possibilitando identificar possíveis divergências e avaliar a fidedignidade das informações nutricionais fornecidas. Paralelamente, foi conduzida uma análise de rotulagem com base nos requisitos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), considerando tanto os itens obrigatórios quanto as informações complementares. Foram observadas variações entre os rótulos no que se refere à presença de informações como a declaração de glúten, alegações nutricionais e outros elementos que contribuem para a clareza e a segurança das informações prestadas ao consumidor. Conclui-se que, embora os suplementos analisados atendam em grande parte às exigências legais, ainda há necessidade de maior padronização nas rotulagens e de rigor no controle de qualidade, visando garantir a transparência e a confiabilidade das informações nutricionais apresentadas ao público.

**Palavras-chave:** *Spirulina platensis*. Suplementação alimentar. Rotulagem nutricional. ANVISA. Análise de composição centesimal.

## ABSTRACT

This study aims to evaluate dietary supplements based on *Spirulina platensis*, focusing on their nutritional composition and the compliance of the information declared on commercial labels with current regulatory standards. To achieve this, physicochemical analyses were carried out, with emphasis on proximate composition analysis, which included the determination of moisture, protein, lipid, carbohydrate, and ash contents. The laboratory results were compared to the values stated by the manufacturers, allowing the identification of possible discrepancies and the assessment of the accuracy of the nutritional information provided. In parallel, a labeling evaluation was conducted based on the requirements established by the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA), considering both mandatory elements and complementary information. Variations were observed among product labels, particularly regarding the declaration of gluten, nutritional claims, and other elements that contribute to the clarity and safety of consumer information. It is concluded that, although the analyzed supplements mostly comply with regulatory requirements, there is still a need for greater standardization in labeling and for strict quality control, to ensure transparency and reliability in the nutritional information provided to consumers.

**Keywords:** *Spirulina platensis*. Dietary supplementation. Nutritional labeling. ANVISA. Proximate composition analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Imagem da cianobactéria <i>Spirulina platensis</i> obtida por microscópio óptico .....	5
Figura 2- Etapas do processo produtivo da <i>Spirulina</i> para utilização em suplementos alimentares.....	15
Figura 3- Inóculo cultivado em meio de Zarrouk .....	16
Figura 4-Tanques raceway.....	17
Figura 5- Fotobiorreator .....	17
Figura 6- Spray-dryer em escala laboratorial.....	18
Figura 7- Liofilizador .....	18
Figura 8-Modelos de rotulagem nutricional frontal para nutrientes críticos .....	23
Figura 9-Novo modelo da tabela nutricional segundo a RDC nº 429/2020.....	24
Figura 10-Diferentes marcas de suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> utilizadas nas análises laboratoriais.....	29
Figura 11- Amostras pesadas em cadinhos.....	32
Figura 12- Cadinhos contendo os resíduos das amostras de <i>Spirulina platensis</i> após a etapa de incineração para determinação do teor de cinzas.....	33
Figura 13-Amostras de extrato lipídico obtidas a partir de suplementos de <i>Spirulina platensis</i> após secagem em estufa.....	35
Figura 14-Erlenmeyers contendo amostras de <i>Spirulina platensis</i> após o processo de titulação para determinação do teor de proteínas pelo método de Kjeldahl .....	37
Figura 15- Rótulo da Marca A dos suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> analisados.....	40
Figura 16- – Rótulo da Marca B dos suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> analisados...	40
Figura 17- Rótulo da Marca C dos suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> analisados.....	40
Figura 18- Rótulo da Marca D dos suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> analisados.....	41
Figura 19- Rótulo da Marca E dos suplementos à base de <i>Spirulina platensis</i> analisados.....	41
Figura 20-Análise gráfica do número de critérios de rotulagem atendidos por cada marca de suplemento de <i>Spirulina</i> estudada.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparação entre o percentual de proteína da Spirulina com outros alimentos.....	6
Tabela 2-Parâmetros da análise centesimal e sua aplicação no estudo .....	27
Tabela 3-Informações das amostras de suplementos de Spirulina platensis em cápsulas e pó. .....	30
Tabela 4- Avaliação da conformidade dos rótulos de suplementos alimentares à base de <i>Spirulina platensis</i> segundo a RDC nº 243/2018 e demais legislações vigentes.....	41
Tabela 5- Teores médios de umidade das amostras de Spirulina platensis .....	46
Tabela 6- Teor de resíduo mineral fixo (cinzas) em amostras de suplemento alimentar à base de Spirulina platensis .....	47
Tabela 7- Teor de lipídios totais em amostras de suplemento alimentar à base de Spirulina platensis .....	49
Tabela 8- Teor médio de proteínas totais em suplementos à base de Spirulina platensis, com desvio padrão e coeficiente de variação, determinado pelo método de Kjeldahl .....	51
Tabela 9- Teores médios de carboidratos por diferença em amostras de suplemento à base de Spirulina platensis, expressos em g/100g (n = 3).....	52
Tabela 10- Resultados das análises centesimais das amostras de Spirulina platensis .....	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1- OBJETIVO GERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1 CIANOBACTÉRIAS: CARACTERÍSTICAS, ECOLOGIA E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO.....	3
2.1.1 <i>Spirulina platensis</i> .....	4
2.1.2 Benefícios da ingestão da <i>Spirulina</i> para o corpo humano.....	6
2.1.3 Aplicações da <i>Spirulina platensis</i> na indústria farmacêutica.....	8
2.1.4 Aplicações da <i>Spirulina platensis</i> na indústria de cosméticos.....	10
2.1.5 Aplicações da <i>Spirulina platensis</i> para biocombustíveis.....	11
2.1.6 Valorização econômica da <i>Spirulina platensis</i> no Brasil.....	13
2.1.7 Processo produtivo da <i>Spirulina platensis</i> .....	14
2.2 SUPLEMENTOS ALIMENTARES: DEFINIÇÃO E ASPECTOS REGULATÓRIOS.....	20
2.2.1 Regulamentação de Suplementos Alimentares.....	21
2.3 EXIGÊNCIAS NA ROTULAGEM DE SUPLEMENTOS ALIMENTARES... ..	21
2.4 IMPORTÂNCIA DA ROTULAGEM ADEQUADOS EM SUPLEMENTOS ALIMENTARES.....	25
2.5 ANÁLISES LABORATORIAIS PARA VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE EM ROTULAGEM DE SPIRULINA: RELEVÂNCIA E APLICAÇÕES.....	25
<b>3 MATERIAIS E METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1 ANÁLISES CENTESIMAS REALIZADAS.....	30
3.1.1 Umidade por aquecimento direto (Secagem em estufa à 105° C).....	31
3.1.2 Determinação de resíduo mineral fixo (Cinzas).....	32
3.1.3 Determinação de lipídios (Método <i>Soxhlet</i> ).....	34
3.1.4 Proteínas totais (Método de <i>Kjeldahl</i> ).....	36
3.1.5 Determinação de carboidratos.....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
4.1 ANÁLISE DE ROTULAGEM.....	39
4.1.1 Resultados da Análise de Rotulagem.....	39
4.2 RESULTADO DAS ANÁLISES CENTESIMAS.....	45
4.2.1 Teor de Umidade.....	46
4.2.2 Teor de Cinzas.....	47

4.2.3 Teor de Lipídios.....	48
4.2.4 Teor de Proteínas .....	50
4.2.5 Teor de Carboidratos.....	51
4.2.6 Avaliação das Marcas com Base nos Parâmetros de Análise da composição centesimal .....	53
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente busca por alimentos funcionais e suplementos naturais tem impulsionado o interesse pela *Spirulina platensis*, uma cianobactéria filamentosa amplamente reconhecida por seu elevado valor nutricional e múltiplos benefícios à saúde (BECKER, 2013). Seu uso na suplementação alimentar se destaca pelo alto teor em proteínas de alta qualidade, vitaminas, minerais, ácidos graxos essenciais e compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e imunomoduladoras (HENRIQUES et al., 2020).

Além de seu valor nutricional, *Spirulina platensis* possui potencial microbiológico relevante, sendo estudada por suas propriedades antimicrobianas e probióticas. Tais características tornam a *Spirulina* um ingrediente promissor para a indústria de alimentos e suplementos funcionais, com aplicações que vão desde barras energéticas e bebidas enriquecidas até formulações voltadas para o fortalecimento do sistema imunológico.

A produção industrial da *Spirulina platensis* tem se expandido, impulsionada por sua versatilidade nutricional e viabilidade ambiental. Seu cultivo pode ocorrer em tanques abertos ou fotobiorreatores, apresentando alta eficiência produtiva e baixo impacto ecológico. Essa característica, aliada à sua capacidade de fixação de carbono e ao reduzido consumo de água, reforça seu potencial como fonte proteica alternativa e sustentável, especialmente em dietas vegetarianas e veganas (VONSHAK, 1997; RICHMOND, 2004).

Contudo, esse crescimento levanta preocupações quanto à qualidade e conformidade dos produtos disponíveis no mercado. Surge, então, a necessidade de avaliar se os suplementos à base de *Spirulina platensis* atendem às exigências legais e oferecem informações confiáveis ao consumidor. A rotulagem nutricional, prevista na Resolução RDC nº 243/2018 e na Portaria nº 75/2019 da ANVISA, é um dos principais instrumentos de proteção ao consumidor, devendo apresentar dados claros sobre composição, modo de uso, advertências e restrições (BRASIL, 2018; BRASIL, 2019).

A avaliação da qualidade dos suplementos requer a análise da rotulagem, da morfologia da biomassa e da composição centesimal, considerando os principais metabólitos primários, como proteínas, lipídios, carboidratos, umidade e cinzas. A análise morfológica permite verificar a presença de estruturas características da *Spirulina* e possíveis impurezas (SILVA et al., 2019), enquanto a análise centesimal contribui para verificar o valor nutricional real e sua conformidade com os dados apresentados nos rótulos (OLIVEIRA; SOUZA, 2020).

## 1.1- OBJETIVO GERAL

Avaliar a conformidade da rotulagem e da composição da análise centesimal de suplementos à base de *Spirulina platensis* com as normas técnicas e legislações vigentes no Brasil, verificando a adequação das informações nutricionais e aspectos relacionados à qualidade do produto.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a adequação das informações nutricionais declaradas nos rótulos de suplementos contendo *Spirulina platensis* com base nas exigências da legislação brasileira.

- Avaliar a presença de alegações nutricionais, bem como elementos complementares de rotulagem, como advertências e data de fabricação.

- Realizar análises físico-químicas dos suplementos, com ênfase na composição centesimal (teores de proteínas, lipídios, carboidratos, umidade e cinzas), a fim de verificar a veracidade das informações fornecidas pelos fabricantes, bem como detectar possíveis adulterações e fraudes por meio da identificação de desvios nos perfis centesimais característicos da *Spirulina*.

- Contribuir para a transparência no mercado de suplementos alimentares, fornecendo subsídios técnicos que auxiliem na garantia da qualidade dos produtos ofertados ao consumidor.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CIANOBACTÉRIAS: CARACTERÍSTICAS, ECOLOGIA E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

As cianobactérias constituem um grupo de microrganismos procarióticos que se destacam por sua habilidade de realizar fotossíntese oxigênica, ou seja, um processo de conversão da energia solar em energia química com liberação de oxigênio. Essa característica, que compartilham com plantas e algas eucarióticas, diferencia as cianobactérias das demais bactérias e justifica o interesse científico crescente em torno de sua fisiologia e aplicações (MOURA et al., 2020).

Esses microrganismos apresentam ampla distribuição ecológica, podendo ser encontrados tanto em ambientes aquáticos (como rios, lagos e oceanos) quanto em habitats terrestres, incluindo solos úmidos, desertos e regiões de clima extremo. Sua adaptabilidade está relacionada a uma série de mecanismos bioquímicos que permitem a sobrevivência sob condições adversas, como salinidade elevada, déficit nutricional e temperaturas extremas. Algumas linhagens são capazes de fixar nitrogênio atmosférico por meio de estruturas especializadas chamadas heterocistos, o que lhes permite colonizar nichos pobres em nutrientes (SANTOS; MARTINS, 2021).

Do ponto de vista morfológico, as cianobactérias apresentam formas variadas, que incluem organismos unicelulares, coloniais e filamentosos. Em muitas espécies filamentosas, observa-se diferenciação celular, com células vegetativas responsáveis pela fotossíntese, além de estruturas especializadas como acinetos - envolvidas na resistência a condições ambientais desfavoráveis - e heterocistos- células dedicadas à fixação de nitrogênio (Guimarães & Silva, 2019). Essa complexidade estrutural, incomum entre bactérias, favorece sua eficiência ecológica e capacidade de adaptação.

Além da importância ecológica, as cianobactérias são reconhecidas por sua riqueza bioquímica. Elas produzem diversos metabólitos de interesse comercial, incluindo proteínas, vitaminas (como a B12), pigmentos naturais (como ficobiliproteínas e carotenoides), ácidos graxos poli-insaturados e compostos bioativos com ação antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana. Devido a essa diversidade metabólica, as cianobactérias vêm sendo exploradas em áreas como a alimentação, cosméticos, agricultura, farmacêutica e, mais recentemente, na biorremediação de ambientes contaminados (OLIVEIRA et al., 2023).

No Brasil, instituições de pesquisa têm se dedicado à exploração sustentável das cianobactérias, com foco em espécies não tóxicas que possam ser cultivadas em larga escala para fins alimentares e industriais. Contudo, é fundamental considerar que algumas espécies produzem cianotoxinas, como microcistinas e cilindrospermopsinas, as quais podem representar riscos à saúde humana e animal quando liberadas em corpos d'água durante florações intensas. Por esse motivo, é necessário o controle rigoroso da linhagem utilizada, além do monitoramento das condições de cultivo, especialmente quando se trata da produção para consumo humano (SILVA et al., 2022).

Dentre as cianobactérias de maior destaque na literatura científica e na indústria está *Arthrospira platensis*, mais conhecida como *Spirulina*. Essa espécie será abordada no próximo tópico, com foco em sua composição bioquímica, valor nutricional e aplicações na indústria alimentícia como suplemento funcional.

### 2.1.1 *Spirulina platensis*

A *Spirulina platensis* é uma cianobactéria filamentosa amplamente reconhecida por seu elevado valor nutricional e propriedades funcionais, o que a torna uma excelente opção de suplemento alimentar. Embora frequentemente classificada como microalga, trata-se de uma bactéria fotossintetizante pertencente ao gênero *Arthrospira*. Seu cultivo é realizado em escala comercial, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical, devido às condições ideais que essas áreas oferecem (BECKER, 2013). Historicamente, o consumo da *Spirulina* remonta a civilizações antigas, como os astecas, que a extraíam do Lago Texcoco, e os kanembu, no Chade, que a consumiam na forma de bolachas secas chamadas "*dihe*" (CIFERRI, 1983). O interesse científico por essa cianobactéria intensificou-se no século XX, quando pesquisadores começaram a explorar sua composição e benefícios. O botânico belga Jean Leonard foi um dos pioneiros a descrever sua ocorrência na África e a destacar seu potencial como fonte alimentar em regiões com carências nutricionais (VONSHAK, 1997). Desde então, instituições como a NASA e a Agência Espacial Europeia (ESA) têm investigado seu uso em missões espaciais, graças à sua alta densidade nutricional e capacidade de cultivo sustentável (RICHMOND, 2004).

A Figura 1 é uma imagem microscópica de *Spirulina platensis*, destacando sua morfologia helicoidal, uma característica marcante dessa espécie. Essa estrutura espiralada é

um dos principais critérios utilizados para a identificação da *Spirulina* e para a avaliação da pureza do cultivo. A forma helicoidal pode variar de acordo com fatores ambientais, como a disponibilidade de nutrientes, a intensidade da luz e as condições de agitação do meio de cultivo, que influenciam diretamente no desenvolvimento e na morfologia das células (VONSHAK, 1997; RICHMOND, 2004).

Figura 1-Imagem da cianobactéria *Spirulina platensis* obtida por microscópio óptico.



A análise microscópica é uma ferramenta essencial para avaliar a integridade celular da *Spirulina platensis*. Alterações na estrutura celular, como deformações ou rupturas, podem indicar contaminações ou degradação do material biológico, comprometendo a qualidade do produto. A presença de células intactas e estruturalmente preservadas é um parâmetro crucial para garantir que o suplemento alimentar contenha organismos viáveis e metabolicamente ativos, assegurando a eficácia de seus componentes nutricionais (BELAY, 1997; SPOLAORE et al., 2006).

Assim, a observação microscópica não só permite a identificação da espécie, mas também serve como um método confiável para monitorar a qualidade e a viabilidade do cultivo de *Spirulina platensis*, garantindo que o produto atenda aos padrões necessários para uso como suplemento alimentar.

O cultivo da *Spirulina platensis* é admirável por sua sustentabilidade. Pode ser realizado em tanques abertos ou fotobiorreatores, demandando poucos recursos hídricos e dispensando solos férteis, o que a torna uma alternativa viável para regiões com escassez agrícola (BECKER, 2013). Além disso, a *Spirulina* possui a capacidade de fixar carbono

atmosférico, contribuindo para a redução dos gases do efeito estufa. Seu rápido crescimento e alta produtividade a tornam uma solução promissora para o combate à fome e à desnutrição, sendo utilizada em projetos humanitários promovidos por organizações como a ONU e a FAO (HENRIQUES et al., 2020).

Diante de seu valor nutricional, propriedades funcionais e produção sustentável, a *Spirulina platensis* consolidou-se como uma das fontes alimentares mais promissoras da atualidade (ANVISA, 2018). Seu uso como suplemento alimentar tem crescido significativamente, tanto para nutrição humana quanto animal (ANVISA, 2020). No entanto, é essencial garantir que os produtos à base de *Spirulina* atendam a padrões de qualidade e regulamentações sanitárias, assegurando segurança e confiabilidade aos consumidores (ANVISA, 2018). O avanço das pesquisas sobre essa cianobactéria continuará a expandir seu potencial de aplicação, reforçando sua posição como um superalimento sustentável para o futuro (ANVISA, 2020).

### 2.1.2 Benefícios da ingestão da *Spirulina* para o corpo humano

A *Spirulina platensis* apresenta uma composição nutricional bastante rica, o que justifica seu uso crescente na alimentação funcional e suplementação dietética. Conforme ilustrado na Tabela 1, sua biomassa seca pode conter entre 65% e 74% de proteínas, incluindo todos os aminoácidos essenciais, característica que a torna uma excelente alternativa proteica, especialmente em dietas vegetarianas e veganas (HENRIQUES et al., 2020). Um fator adicional que favorece sua absorção é a ausência de parede celular rígida, o que aumenta significativamente a digestibilidade dos seus nutrientes (MORAIS et al., 2014).

Tabela 1- Comparação entre o percentual de proteína da *Spirulina* com outros alimentos.

Alimento	Proteína Bruta (% base seca)
Spirulina em pó	65 - 74
Carnes e peixe	15 - 25
Levedura de cerveja	45
Leite em pó desnatado	37
Soja	35
Queijo	36
Bife Bovino	22
Ovo de galinha	47

Fonte: Branger et al., 2003; Bernal-Castillo; Rozo; Rodríguez, 2003; Peron, 2015; Sampaio et al., 2016.

Contudo, é importante considerar que a composição da *Spirulina* pode variar conforme a espécie cultivada, as condições ambientais e o meio de cultivo empregado, podendo influenciar diretamente nos teores de macronutrientes (MORAIS et al., 2014; RICHMOND, 2004). Em termos de carboidratos, a *Spirulina* contém entre 15% e 25% de açúcares complexos, que atuam como fonte energética. Já os lipídios representam de 5% a 10% da composição, incluindo ácidos graxos de relevância fisiológica, como o ácido linoleico (ômega-6) e o ácido  $\gamma$ -linolênico (GLA), os quais são associados a efeitos anti-inflamatórios e imunomoduladores (CIFERRI, 1983; BECKER, 2013).

Além disso, a microalga é uma fonte natural de vitaminas, especialmente as do complexo B (B1, B2, B3, B6 e B12), bem como provitamina A ( $\beta$ -caroteno) e vitamina E, que desempenham papel antioxidante no organismo humano (RICHMOND, 2004). Em relação aos minerais, destacam-se ferro, cálcio, magnésio, potássio e zinco, todos essenciais para o bom funcionamento de processos metabólicos vitais (Becker, 2013).

As propriedades funcionais da *Spirulina platensis* são amplamente reconhecidas, o que a torna um ingrediente valioso em suplementos e alimentos fortificados. Estudos indicam que a ficocianina, um pigmento azul presente na *Spirulina*, possui ação antioxidante e anti-inflamatória, contribuindo para a modulação do sistema imunológico (HENRIQUES et al., 2020). Além disso, pesquisas sugerem que seu consumo pode auxiliar na redução do colesterol, na melhora da sensibilidade à insulina e na prevenção de doenças cardiovasculares, graças à presença de compostos bioativos como polissacarídeos sulfatados e ácidos graxos poli-insaturados (RICHMOND, 2004).

Diversos estudos demonstram os benefícios da *Spirulina* em condições clínicas específicas. Em indivíduos com dislipidemias, por exemplo, o consumo da microalga pode reduzir os níveis de LDL e triglicerídeos, além de favorecer o aumento do HDL, contribuindo para a prevenção de doenças cardiovasculares (TORRES-DURÁN et al., 2007). Da mesma forma, em pacientes com diabetes tipo 2, a ficocianina mostrou-se eficaz na melhora da sensibilidade à insulina e no controle glicêmico (PARANJPE et al., 2013).

O potencial antimicrobiano e probiótico da *Spirulina platensis* tem sido amplamente investigado, com evidências de efeitos benéficos na modulação da microbiota intestinal e na prevenção de infecções bacterianas (ABDEL-MONEIM et al., 2022; ATIK et al., 2021). Estudos demonstram que a *Spirulina* pode promover o crescimento de bactérias benéficas,

como *Lactobacillus acidophilus*, e inibir o crescimento de patógenos como *Escherichia coli* e *Staphylococcus epidermidis* (LIÉVIN-LE MOAL; SERVIN, 2014).

Essas propriedades têm levado à incorporação da *Spirulina* em diversos produtos, como barras energéticas, shakes, cápsulas e pós solúveis, além de sua aplicação em cosméticos e produtos dermatológicos, devido à sua ação antioxidante e regenerativa para a pele (ABDEL-MONEIM et al., 2022).

Na nutrição esportiva, a *Spirulina* tem se mostrado útil como suplemento para recuperação muscular, devido ao seu teor proteico elevado e à capacidade de reduzir o estresse oxidativo induzido pelo exercício físico intenso (JOHNSTON et al., 2014). Estudos também indicam que ela pode contribuir para o aumento da resistência aeróbica e diminuição da fadiga muscular (LU et al., 2006).

Entretanto, a qualidade e a segurança da *Spirulina* dependem fortemente da procedência da matéria-prima e dos processos de cultivo e industrialização. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece diretrizes rigorosas para a comercialização de suplementos alimentares no Brasil, exigindo critérios específicos de pureza, composição e rotulagem (BRASIL, 2020). A produção inadequada pode resultar em contaminação por metais pesados ou microrganismos patogênicos, o que reforça a importância da rastreabilidade e do controle de qualidade ao longo da cadeia produtiva (KLEEF et al., 2022).

### 2.1.3 Aplicações da *Spirulina platensis* na indústria farmacêutica

A *Spirulina platensis* tem despertado grande interesse na indústria farmacêutica brasileira devido às suas propriedades nutricionais, bioativas e terapêuticas. Rica em proteínas, vitaminas, minerais, antioxidantes e ácidos graxos essenciais, essa cianobactéria é utilizada no desenvolvimento de medicamentos, suplementos alimentares e produtos de saúde. Suas aplicações incluem desde a produção de suplementos nutricionais até a formulação de fármacos com efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes e imunomoduladores (SANTOS et al., 2019).

No Brasil, a *Spirulina* tem sido estudada principalmente por seu potencial antioxidante e anti-inflamatório. Um dos compostos mais investigados é a ficocianina, um pigmento azul que demonstra capacidade de neutralizar radicais livres e modular processos inflamatórios. Pesquisas realizadas em universidades brasileiras, como a Universidade Federal de Viçosa

(UFV), destacam o uso da ficocianina no desenvolvimento de fármacos para o tratamento de doenças crônicas, como artrite e doenças cardiovasculares (MORAES et al., 2021). Além disso, a presença de ácido  $\gamma$ -linolênico (GLA) na *Spirulina* tem sido explorada para a produção de suplementos que auxiliam no controle do colesterol e na prevenção de doenças cardiovasculares, um problema de saúde pública no Brasil (ANVISA, 2022).

A *Spirulina* também tem sido investigada por seu potencial imunomodulador. Estudos conduzidos por pesquisadores brasileiros demonstram que o consumo regular de extratos de *Spirulina* pode estimular a produção de células de defesa, como linfócitos e macrófagos, fortalecendo o sistema imunológico. Essa propriedade é particularmente relevante para o desenvolvimento de suplementos e medicamentos voltados para pacientes com imunodeficiências ou em tratamento de doenças infecciosas (OLIVEIRA et al., 2020). Além disso, sua ação antimicrobiana tem sido estudada, com evidências de que compostos presentes na *Spirulina* podem inibir o crescimento de bactérias patogênicas, como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, abrindo caminho para o desenvolvimento de novos agentes antimicrobianos (SANTOS et al., 2019).

Outra aplicação promissora da *Spirulina platensis* na indústria farmacêutica brasileira está relacionada ao seu potencial antioxidante. A presença de vitaminas como a provitamina A ( $\beta$ -caroteno) e a vitamina E, além de compostos como a ficocianina, confere à *Spirulina* a capacidade de proteger as células contra danos oxidativos. Isso a torna útil no desenvolvimento de produtos para prevenção e tratamento de doenças associadas ao estresse oxidativo, como câncer, diabetes e doenças neurodegenerativas, que são desafios significativos para o sistema de saúde brasileiro (MORAES et al., 2021).

Além disso, a *Spirulina* tem sido utilizada na formulação de produtos probióticos e nutracêuticos. Sua capacidade de modular a microbiota intestinal e promover o crescimento de bactérias benéficas, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, tem sido explorada para o desenvolvimento de suplementos que melhoram a saúde digestiva e previnem doenças gastrointestinais (OLIVEIRA et al., 2020). A indústria farmacêutica brasileira também tem investido no uso da *Spirulina* como matéria-prima para cápsulas, comprimidos e pós solúveis, que são comercializados como suplementos alimentares para complementar dietas deficientes em nutrientes essenciais (ANVISA, 2022).

Por fim, a *Spirulina platensis* tem sido estudada para aplicações em terapia fotodinâmica, uma técnica utilizada no tratamento de câncer. A ficocianina, quando ativada por luz, pode gerar espécies reativas de oxigênio que induzem a morte celular em tumores, o que abre novas perspectivas para o desenvolvimento de terapias antitumorais (SANTOS et al., 2019).

#### 2.1.4 Aplicações da *Spirulina platensis* na indústria de cosméticos

A *Spirulina platensis* tem conquistado espaço na indústria de cosméticos devido às suas propriedades antioxidantes, hidratantes e regenerativas. Essa cianobactéria é utilizada na formulação de produtos que promovem a saúde e a beleza da pele e dos cabelos. Sua aplicação em cosméticos está alinhada com a tendência global de buscar ingredientes naturais e sustentáveis, que ofereçam benefícios comprovados e minimizem impactos ambientais (SANTOS et al., 2020).

Um dos principais compostos da *Spirulina* utilizados na indústria cosmética é a ficocianina. Estudos demonstram que a ficocianina é capaz de neutralizar radicais livres, prevenir o envelhecimento precoce da pele e reduzir danos causados pela exposição aos raios ultravioleta (UV). Essas propriedades tornam a *Spirulina* um ingrediente valioso em cremes anti-envelhecimento, protetores solares e produtos para tratamento de peles danificadas (MORAES et al., 2021). Além disso, a presença de vitamina E e  $\beta$ -caroteno na *Spirulina* contribui para a proteção da pele contra o estresse oxidativo, melhorando sua elasticidade e aparência (OLIVEIRA et al., 2019).

A *Spirulina* também é reconhecida por suas propriedades hidratantes e regenerativas. Sua alta concentração de aminoácidos essenciais e ácidos graxos promove a regeneração celular e a formação de colágeno, ajudando a restaurar a barreira cutânea e a manter a hidratação da pele. Esses benefícios são explorados em produtos como máscaras faciais, loções corporais e sérums, que visam revitalizar peles secas e desidratadas (SANTOS et al., 2020). Além disso, a *Spirulina* tem sido utilizada em tratamentos capilares, onde seus nutrientes fortalecem os fios, reduzem a queda de cabelo e promovem o crescimento saudável (ANVISA, 2022).

Outra aplicação da *Spirulina platensis* na indústria de cosméticos está relacionada ao seu potencial desintoxicante. Compostos presentes na *Spirulina*, como a clorofila, ajudam a eliminar toxinas e impurezas da pele, sendo utilizados em máscaras faciais e esfoliantes que promovem a limpeza profunda dos poros. Essa ação desintoxicante é especialmente benéfica

para peles oleosas e acneicas, pois ajuda a reduzir a inflamação e o excesso de oleosidade (MORAES et al., 2021).

A *Spirulina* também tem sido incorporada em produtos cosméticos com ação antimicrobiana. Pesquisas indicam que extratos de *Spirulina* podem inibir o crescimento de bactérias causadoras de acne, como *Cutibacterium acnes*, tornando-a um ingrediente eficaz em produtos para tratamento de espinhas e cravos (OLIVEIRA et al., 2019). Além disso, sua ação anti-inflamatória ajuda a acalmar a pele irritada, sendo utilizada em loções pós-depilação e produtos para peles sensíveis.

A sustentabilidade é outro fator que impulsiona o uso da *Spirulina* na indústria de cosméticos. Seu cultivo requer poucos recursos hídricos e não depende de solos férteis, o que a torna uma alternativa ecológica em comparação a outros ingredientes cosméticos. No Brasil, empresas têm investido no desenvolvimento de linhas de cosméticos naturais e veganas que utilizam *Spirulina* como principal ativo, atendendo à demanda por produtos sustentáveis e *cruelty-free* (ANVISA, 2022).

Em resumo, a *Spirulina platensis* é um ingrediente versátil e eficaz na indústria de cosméticos, com aplicações que vão desde o tratamento antienvhecimento até o cuidado capilar. Suas propriedades antioxidantes, hidratantes, regenerativas e antimicrobianas a tornam uma opção valiosa para o desenvolvimento de produtos que promovem a saúde e a beleza da pele e dos cabelos. No entanto, é essencial que os produtos cosméticos à base de *Spirulina* atendam às regulamentações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), garantindo segurança e qualidade para os consumidores (BRASIL, 2022).

#### 2.1.5 Aplicações da *Spirulina platensis* para biocombustíveis

A *Spirulina platensis* tem se destacado como uma matéria-prima promissora para a produção de biocombustíveis, especialmente devido ao seu rápido crescimento, alta produtividade e capacidade de acumular lipídios e carboidratos, que são essenciais para a geração de energia renovável. Essa cianobactéria é considerada uma fonte sustentável de biomassa, capaz de contribuir para a redução da dependência de combustíveis fósseis e para a mitigação dos impactos ambientais associados às mudanças climáticas (SANTOS et al., 2021).

Uma das principais aplicações da *Spirulina platensis* na produção de biocombustíveis é a obtenção de biodiesel. A *Spirulina* possui uma quantidade significativa de lipídios em sua composição, que podem ser extraídos e convertidos em ésteres metílicos ou etílicos por meio

de processos de transesterificação. Estudos realizados no Brasil demonstram que a *Spirulina* pode atingir teores de lipídios superiores a 20% de sua biomassa seca, dependendo das condições de cultivo, como disponibilidade de nutrientes e luz (MORAES et al., 2020). Além disso, o cultivo da *Spirulina* em águas residuais ou efluentes industriais pode reduzir os custos de produção e promover a sustentabilidade do processo (OLIVEIRA et al., 2019).

Outra aplicação importante da *Spirulina* é na produção de bioetanol. Os carboidratos presentes em sua biomassa, como amido e glicogênio, podem ser fermentados por microrganismos, como leveduras, para produzir etanol. Pesquisas desenvolvidas em universidades brasileiras, como a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), mostram que a *Spirulina* pode ser uma alternativa viável para a produção de bioetanol de segunda geração, utilizando resíduos de biomassa após a extração de lipídios para biodiesel (SANTOS et al., 2021). Essa abordagem integrada maximiza o aproveitamento da biomassa e reduz os custos de produção.

Além do biodiesel e do bioetanol, a *Spirulina platensis* tem sido estudada para a produção de biogás por meio de processos de digestão anaeróbia. Durante a digestão, a biomassa da *Spirulina* é decomposta por bactérias, gerando metano e dióxido de carbono, que podem ser utilizados como fonte de energia. Estudos realizados no Brasil indicam que a *Spirulina* apresenta alta taxa de conversão em biogás, tornando-se uma opção interessante para a geração de energia em pequena e média escala, especialmente em regiões com disponibilidade de resíduos agrícolas ou efluentes (MORAES et al., 2020).

A *Spirulina* também tem potencial para a produção de biohidrogênio, um combustível limpo e altamente energético. Por meio de processos fotobiológicos, a *Spirulina* pode utilizar a energia solar para produzir hidrogênio a partir da água, em um processo que não emite gases poluentes. Pesquisas realizadas no Brasil, como da Universidade de São Paulo (USP), demonstram que a *Spirulina* pode ser geneticamente modificada para aumentar sua eficiência na produção de biohidrogênio, abrindo novas perspectivas para o setor de energias renováveis (OLIVEIRA et al., 2019).

A sustentabilidade é um dos principais atrativos da *Spirulina platensis* para a produção de biocombustíveis. Seu cultivo pode ser realizado em sistemas fechados, como fotobiorreatores, ou em tanques abertos, utilizando águas residuais ou salobras, o que reduz a competição por recursos hídricos e solos férteis. Além disso, a *Spirulina* tem a capacidade de

fixar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante seu crescimento, contribuindo para a redução das emissões de gases do efeito estufa (SANTOS et al., 2021).

No entanto, para que a *Spirulina* se consolide como uma fonte viável de biocombustíveis, é necessário superar desafios relacionados ao custo de produção, à eficiência dos processos de conversão e à escalabilidade. Pesquisas contínuas e investimentos em tecnologia são essenciais para otimizar o cultivo e o aproveitamento da *Spirulina*, garantindo sua competitividade no mercado de energias renováveis (MORAES et al., 2020).

Em resumo, a *Spirulina platensis* é uma matéria-prima versátil e sustentável para a produção de biocombustíveis, com aplicações que incluem biodiesel, bioetanol, biogás e biohidrogênio. Seu uso pode contribuir para a transição energética e para a redução dos impactos ambientais associados aos combustíveis fósseis, alinhando-se às metas globais de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2022).

#### 2.1.6 Valorização econômica da *Spirulina platensis* no Brasil

A valorização econômica da *Spirulina platensis* no Brasil tem ganhado destaque nos últimos anos, impulsionada por fatores como o aumento da demanda por alimentos funcionais, a busca por alternativas sustentáveis na produção de proteína e o crescimento do mercado de suplementos alimentares. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD), cerca de 59% da população brasileira consome algum tipo de suplemento alimentar, sendo os produtos naturais e com apelo nutricional os mais procurados (ABIAD, 2022).

Além disso, a versatilidade da *Spirulina* permite sua aplicação em diversos setores, como o alimentício (em cápsulas, comprimidos, barras e bebidas), cosmético (cremes e máscaras antioxidantes) e até na nutrição animal, contribuindo para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva ampla e diversificada. Um estudo de Gouveia et al. (2016) destaca que o cultivo de microalgas, como a *Spirulina*, pode gerar maior rentabilidade por hectare do que culturas convencionais, sobretudo quando direcionado para nichos de alto valor agregado.

No Brasil, iniciativas de pequenos e médios produtores têm contribuído para o fortalecimento desse mercado, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde as condições climáticas são favoráveis à fotossíntese intensa e à manutenção de cultivos ao longo de todo o ano. No entanto, ainda existem desafios para a consolidação dessa cadeia, como a necessidade

de regulamentações mais claras, incentivos à pesquisa aplicada e fortalecimento de políticas públicas voltadas à biotecnologia (SILVA et al., 2021).

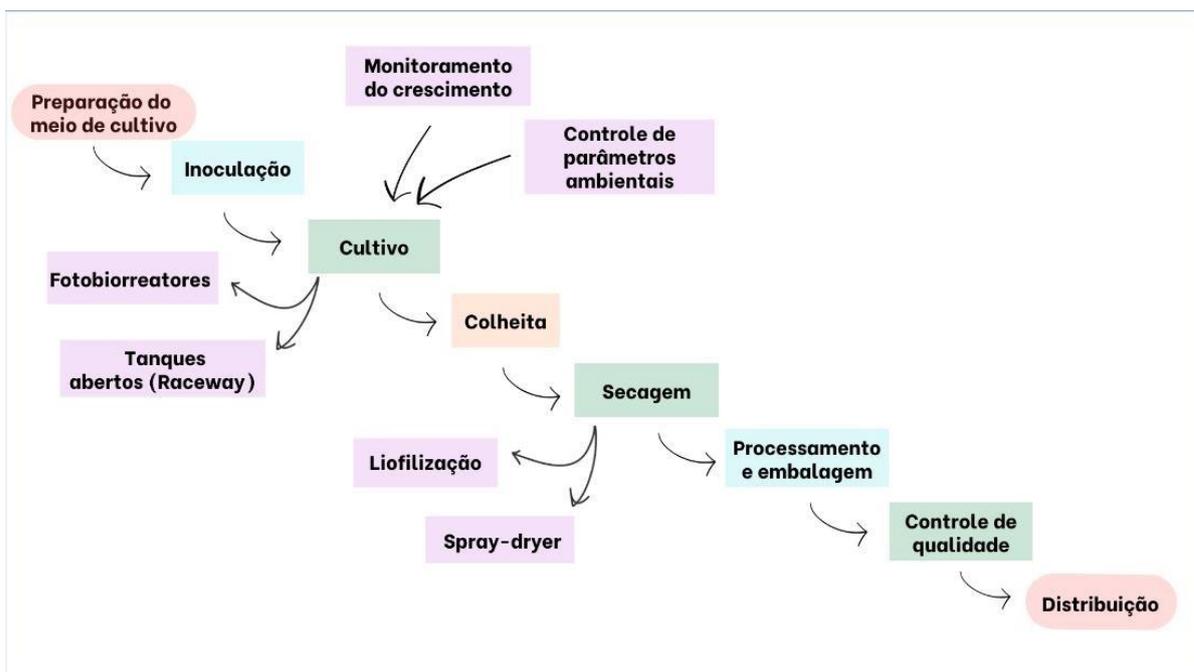
A comercialização da *Spirulina* também é impactada pela crescente conscientização do consumidor quanto à origem dos alimentos e aos impactos ambientais da produção de proteína animal. Isso tem impulsionado o interesse por alternativas como as microalgas, que requerem menos água, solo e energia para sua produção. Segundo dados da Embrapa (2023), o mercado global de microalgas cresce a uma taxa de 8% ao ano, e o Brasil possui grande potencial para se posicionar como um dos principais produtores mundiais, dada sua biodiversidade e condições climáticas favoráveis.

Portanto, a *Spirulina platensis* representa uma promissora oportunidade de valorização econômica no Brasil, tanto pela sua qualidade nutricional quanto pelo alinhamento com as tendências globais de sustentabilidade, saúde e inovação tecnológica. Investimentos em pesquisa, estruturação da cadeia produtiva e apoio a pequenos produtores são estratégias fundamentais para ampliar sua competitividade no cenário nacional e internacional.

#### 2.1.7 Processo produtivo da *Spirulina platensis*

O processo produtivo da *Spirulina platensis* envolve diversas etapas, desde o cultivo até o processamento final, garantindo uma biomassa de alta qualidade para consumo humano e animal. A Figura 2 mostra as etapas que envolvem a produção de Spirulina.

Figura 2- Etapas do processo produtivo da Spirulina para utilização em suplementos alimentares.

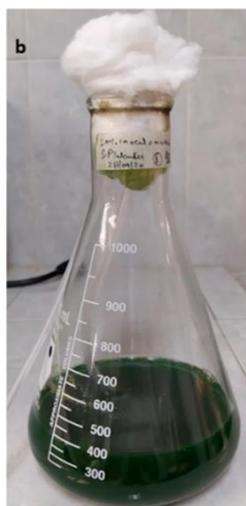


Fonte: Elaborado pela autora em conjunto com Suwelane Gomes, 2025.

1. Preparação do meio de cultivo: O primeiro passo que envolve a produção de *Spirulina platensis* é a preparação do meio de cultivo, sendo o meio *Zarrouk* o mais amplamente utilizado. Esse meio é composto por nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, que favorecem o crescimento ideal da microalga (COSTA et al., 2019). O pH do meio deve ser mantido entre 9,5 e 10,5, uma vez que a *Spirulina* se desenvolve melhor em condições alcalinas. Além disso, esse pH elevado inibe o crescimento de microrganismos contaminantes, garantindo a pureza da cultura (SILVA; OLIVEIRA, 2020).
2. Inoculação: Após a preparação do meio, realiza-se à inoculação, etapa em que uma quantidade pré-definida de *Spirulina*, cultivada previamente, é introduzida no meio de cultivo como mostra a Figura 3. O crescimento da biomassa depende de fatores ambientais, como luminosidade, temperatura, disponibilidade de CO<sub>2</sub> e agitação do meio. A iluminação pode ser natural, utilizando luz solar, ou artificial, com lâmpadas LED, que garantem a fotossíntese eficiente (PEREIRA et al., 2018). A temperatura ideal para o cultivo varia entre 30°C e 37°C, enquanto o fornecimento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) otimiza a conversão de energia durante o processo fotossintético. A agitação constante do meio é essencial para

evitar a sedimentação das células e garantir uma distribuição homogênea dos nutrientes (RIBEIRO, 2021).

Figura 3- Inóculo cultivado em meio de *Zarrouk*



Fonte: Barros (2010).

3. Cultivo: Os sistemas de cultivo de *Spirulina platensis* são amplamente estudados devido à sua eficiência na produção de biomassa para aplicações alimentícias e industriais. Segundo Barros (2010), o cultivo pode ser realizado em sistemas abertos, como tanques *raceway* (Figura 4), ou fechados, como fotobiorreatores (Figura 5), sendo os primeiros mais comuns devido ao menor custo operacional, embora suscetíveis a contaminações. Sampaio et al. (2016) destacam que parâmetros como pH, temperatura, luminosidade e concentração de nutrientes são críticos para otimizar o crescimento da cianobactéria, ressaltando a importância do controle dessas variáveis. Alves (2021) complementa que sistemas semiabertos, como os tanques *raceway*, são amplamente utilizados em escala comercial, pois permitem maior controle ambiental em comparação a sistemas totalmente abertos. A Embrapa (2023) detalha a estrutura e o funcionamento desses tanques semicirculares, enfatizando seu design para promover mistura homogênea e eficiente captação de luz, fatores essenciais para a produtividade da biomassa. Esses sistemas, quando bem manejados, apresentam alta taxa de conversão de nutrientes em biomassa, tornando a *Spirulina platensis* uma alternativa sustentável para produção de proteínas e compostos bioativos.

Figura 4-Tanques *raceway*



Fonte: Agrolink, 2025.

Figura 5- Fotobiorreator



Fonte: Barros (2010)

4. Colheita: O tempo de cultivo pode variar de 5 a 15 dias, dependendo das condições ambientais e da densidade celular desejada. Quando a biomassa atinge um nível adequado, inicia-se a colheita, geralmente realizada por métodos de filtração ou centrifugação. Após a separação da biomassa do meio líquido, ela é lavada com água para remover impurezas e garantir a pureza do produto (COSTA et al., 2019).
5. Secagem: Após o tempo de colheita, chegamos na etapa de secagem, onde a biomassa úmida seca, e que pode ser realizado por diferentes técnicas.
  - *Spray dryer*: É um método amplamente utilizado por sua rapidez e eficiência, além de preservar a composição nutricional da *Spirulina*. Alternativamente, a secagem a baixa temperatura pode ser empregada para minimizar perdas de nutrientes sensíveis ao calor,

como proteínas e pigmentos (SILVA; OLIVEIRA, 2020). Como podemos observar na (Figura 6).

Figura 6- *Spray-dryer* em escala laboratorial



Fonte: Mazzon (2024)

- Liofilização: Também conhecido como secagem por *freeze-drying*. Esse processo consiste em congelar a biomassa e, em seguida, sublimar a água contida nela sob vácuo, transformando o gelo diretamente em vapor sem passar pela fase líquida (Figura 7). A liofilização é altamente eficaz para preservar compostos termossensíveis, como vitaminas, enzimas e pigmentos, mantendo a integridade nutricional e a qualidade do produto (MARTINS et al., 2022). Além disso, a *Spirulina* liofilizada apresenta maior vida útil e facilidade de armazenamento, sendo ideal para aplicações que exigem alta qualidade e estabilidade (FREITAS; SOUZA, 2021).

Figura 7- Liofilizador



Fonte: Vasconcelos (2022)

6. Processamento e embalagem: Após a secagem, a biomassa de *Spirulina* é moída e processada em diferentes formas, como pó, comprimidos ou cápsulas, dependendo da aplicação desejada. O processamento inclui etapas de homogeneização e, quando necessário, encapsulamento ou prensagem para a produção de comprimidos. A escolha do formato final depende do mercado-alvo, sendo o pó mais utilizado para suplementos alimentares e os comprimidos e cápsulas preferidos para aplicações farmacêuticas (FREITAS; SOUZA, 2021). A embalagem é uma etapa crítica para garantir a preservação da qualidade do produto. Materiais como plásticos de alta barreira ou embalagens a vácuo são frequentemente utilizados para proteger a *Spirulina* da umidade, luz e oxigênio, que podem degradar seus nutrientes. Além disso, as embalagens devem seguir normas de rotulagem, que incluem informações obrigatórias como:

- Nome do produto: Deve ser claro e descritivo (ex.: "*Spirulina* em Pó").
- Lista de ingredientes: Deve indicar a composição completa do produto.
- Informações nutricionais: Deve conter valores de macronutrientes (proteínas, carboidratos, gorduras) e micronutrientes (vitaminas e minerais).
- Instruções de uso: Orientações sobre como consumir o produto.
- Data de validade: Prazo máximo para consumo seguro.
- Identificação do fabricante: Nome, endereço e contato do produtor.
- Certificações: Selos de qualidade, como orgânico ou livre de contaminantes (MARTINS et al., 2022).

A rotulagem deve seguir as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil, garantindo que todas as informações sejam claras, precisas e visíveis ao consumidor (ANVISA, 2021)

7. Controle de qualidade: O controle de qualidade é uma etapa essencial para garantir a segurança e a eficácia do produto. A *Spirulina* passa por análises microbiológicas para verificar a ausência de contaminantes, como bactérias patogênicas e metais pesados. Além disso, são realizados testes químicos para avaliar a composição nutricional, incluindo teores de proteínas, pigmentos (como ficocianina) e vitaminas (PEREIRA et al., 2018). A conformidade com os padrões de segurança alimentar é verificada por meio de certificações e normas internacionais, como a ANVISA no Brasil. Esses controles garantem que o

produto atenda aos requisitos de qualidade e segurança para consumo humano (RIBEIRO, 2021).

8. Distribuição: Após o processamento, embalagem e controle de qualidade, a *Spirulina* está pronta para distribuição. O produto é armazenado em condições controladas de temperatura e umidade para manter sua estabilidade durante o transporte. A logística de distribuição deve ser cuidadosamente planejada para evitar danos ao produto e garantir que ele chegue ao consumidor final dentro do prazo de validade (COSTA et al., 2019). A distribuição pode ser feita por meio de canais diretos, como lojas especializadas em produtos naturais, ou indiretos, como supermercados e farmácias. Além disso, a comercialização online tem ganhado destaque, ampliando o acesso ao produto em diferentes regiões (FREITAS; SOUZA, 2021).

## 2.2 SUPLEMENTOS ALIMENTARES: DEFINIÇÃO E ASPECTOS REGULATÓRIOS

Os suplementos alimentares são produtos destinados à complementação da dieta de indivíduos saudáveis, conforme definido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

De acordo com a legislação vigente, esses produtos são formulados para ingestão oral e podem conter nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados, apresentados em formas farmacêuticas como cápsulas, tabletes ou pós (BRASIL, 2018). É fundamental ressaltar que os suplementos não possuem propriedades terapêuticas e, portanto, não devem ser utilizados para prevenção, tratamento ou cura de doenças. Sua finalidade é exclusivamente nutricional, visando suprir possíveis deficiências ou otimizar a ingestão de determinados compostos em dietas específicas (ANVISA, 2021).

O consumo de suplementos alimentares tem crescido significativamente no Brasil, impulsionado por fatores como a maior adesão a práticas esportivas, a busca por estilo de vida saudável e a influência de redes sociais na divulgação desses produtos (SOUZA; OLIVEIRA, 2022). Estudos indicam que esse mercado expandiu em média 12% ao ano na última década, refletindo mudanças nos hábitos de consumo (ABENUTRI, 2023).

### 2.2.1 Regulamentação de Suplementos Alimentares

No Brasil, a comercialização de suplementos é regulamentada por órgãos como a ANVISA e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A ANVISA é responsável pela fiscalização de produtos destinados ao consumo humano, enquanto o MAPA atua na regulamentação de suplementos com componentes de origem animal ou uso veterinário (BRASIL, 2018).

Essas instituições estabelecem critérios rigorosos para garantia de qualidade, segurança e veracidade das informações disponibilizadas aos consumidores, assegurando que os produtos atendam aos requisitos legais antes de serem disponibilizados no mercado (ANVISA, 2021).

A Resolução RDC nº 243/2018 (BRASIL, 2018) é o principal marco regulatório para suplementos alimentares no país, estabelecendo:

- Requisitos de composição: Lista de ingredientes permitidos e limites de dosagem.
- Padrões de qualidade: Normas microbiológicas e físico-químicas para garantia de segurança.
- Rotulagem: Informações obrigatórias, como tabela nutricional e advertências.
- Alegações de saúde: Restrições a declarações que atribuam efeitos terapêuticos aos produtos.

O MAPA complementa essa regulamentação por meio de normas específicas para insumos agropecuários, como a Instrução Normativa nº 61/2020, que aborda suplementos proteicos de origem animal (BRASIL, 2020).

### 2.3 EXIGÊNCIAS NA ROTULAGEM DE SUPLEMENTOS ALIMENTARES

A rotulagem de suplementos deve seguir as diretrizes da RDC nº 243/2018 (BRASIL, 2018), que prevê como informações obrigatórias:

- Lista de ingredientes: Descrição em ordem decrescente de concentração (ANVISA, 2021).
- Prazo de validade: Data limite para consumo seguro.
- Informação nutricional: Valores diários de referência (VDR) conforme a Portaria nº 75/2019 (BRASIL, 2019).
- Medida caseira: Porção em unidades de fácil compreensão (ex.: "1 colher de sopa").
- Registro na ANVISA: Número de registro ou notificação para produtos sujeitos à avaliação prévia.
- Advertências: Frases como "O consumo deste produto deve ser acompanhado por profissional de saúde" (BRASIL, 2018).
- Alérgenos: Identificação de substâncias como glúten ou lactose, conforme RDC nº 26/2015 (BRASIL, 2015).

Para exemplos de rotulagem adequada, a ANVISA disponibiliza manuais técnicos em seu portal (ANVISA, 2021).

Além disso, a ANVISA também implementou novas regras para a rotulagem nutricional de alimentos, com o objetivo de facilitar a compreensão das informações pelos consumidores e auxiliar em escolhas alimentares mais conscientes. Essas mudanças, estabelecidas em outubro de 2020, tornaram-se obrigatórias a partir de 9 de outubro de 2022 (ANVISA, 2020).

A nova legislação introduziu um símbolo informativo na parte frontal da embalagem, em formato de lupa, indicando altos teores de nutrientes críticos, como açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio. Essa medida visa alertar rapidamente o consumidor sobre componentes que, em excesso, podem ser prejudiciais à saúde (ANVISA, 2020).

Figura 8-Modelos de rotulagem nutricional frontal para nutrientes críticos



Fonte: Adaptado da ANVISA (2020).

A Figura 8 ilustra os modelos de rotulagem nutricional frontal para produtos com alto teor de um, dois ou três nutrientes críticos. Esses símbolos permitem uma rápida identificação dos componentes que devem ser consumidos com moderação. Os modelos apresentados destacam a presença de "Açúcar Adicionado", "Gordura Saturada" e "Sódio" nos produtos, conforme a legislação vigente.

A tabela de informação nutricional também passou por modificações significativas:

- Inclusão da declaração obrigatória de açúcares totais e açúcares adicionados.
- Apresentação do valor energético e da quantidade de nutrientes por 100 g ou 100 ml, facilitando a comparação entre produtos (ANVISA, 2020).

Figura 9-Novo modelo da tabela nutricional segundo a RDC nº 429/2020.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: 000 porções			
Porção: 000 g (medida caseira)			
	100 g	000 g	%VD*
Valor energético (kcal)			
Carboidratos totais (g)			
Açúcares totais (g)			
Açúcares adicionados (g)			
Proteínas (g)			
Gorduras totais (g)			
Gorduras saturadas (g)			
Gorduras trans (g)			
Fibra alimentar (g)			
Sódio (mg)			

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

Fonte: Adaptado da ANVISA (2020).

A Figura 9 exemplifica o novo modelo da tabela nutricional, destacando as mudanças mencionadas. Os elementos marcados na imagem mostram:

- Indicação obrigatória dos açúcares totais e adicionados.
- Inclusão da coluna de valores por 100 g ou 100 ml, permitindo comparação entre produtos.
- Indicação do %VD (Percentual de Valores Diários), facilitando a compreensão do impacto nutricional.
- Padrão estabelecido para a descrição das porções e medidas caseiras.

Nessa nova atualização, também foram estabelecidos critérios para garantir que as informações nutricionais sejam apresentadas de forma clara e legível, considerando aspectos como:

- Tamanho da fonte adequado.
- Contraste entre texto e fundo.
- Espaçamento adequado para evitar confusão na leitura (ANVISA, 2020).

Embora as novas regras de rotulagem nutricional se apliquem principalmente a alimentos em geral, os suplementos alimentares também devem estar em conformidade com as

diretrizes específicas estabelecidas pela ANVISA. Os fabricantes de suplementos alimentares devem verificar se seus produtos se enquadram nas categorias que exigem a rotulagem nutricional frontal e ajustar seus rótulos conforme as novas exigências. Ademais, é fundamental que todas as informações sejam apresentadas de maneira clara e legível, atendendo aos critérios estabelecidos para a legibilidade das informações nutricionais.

#### 2.4 IMPORTÂNCIA DA ROTULAGEM ADEQUADOS EM SUPLEMENTOS ALIMENTARES

A correta rotulagem dos suplementos alimentares é essencial para garantir que o consumidor tenha acesso a informações confiáveis e compreenda os benefícios e limitações do produto. Uma rotulagem inadequada pode gerar:

- Informações enganosas, levando o consumidor a acreditar em propriedades inexistentes;
- Desconformidade com as normas da ANVISA, sujeitando o fabricante a penalidades;
- Riscos à saúde pública, caso o produto contenha ingredientes não declarados ou orientações inadequadas de consumo.

#### 2.5 ANÁLISES LABORATORIAIS PARA VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE EM ROTULAGEM DE SPIRULINA: RELEVÂNCIA E APLICAÇÕES

A avaliação da conformidade de rotulagem de suplementos à base de *Spirulina platensis* exige análises laboratoriais específicas, que permitem verificar a autenticidade do produto e a precisão das informações nutricionais declaradas. Essas análises são essenciais para garantir a segurança do consumidor e o cumprimento das regulamentações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2019).

A análise centesimal constitui uma ferramenta analítica essencial para a caracterização da composição química de alimentos e suplementos alimentares. Ela consiste na determinação quantitativa dos principais componentes presentes na matriz alimentar, como umidade, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras e cinzas (AOAC, 2016).

No presente estudo, esse tipo de análise assume papel central na verificação da conformidade da rotulagem nutricional de produtos à base de *Spirulina platensis*, funcionando

como um parâmetro objetivo para confrontar os valores declarados pelos fabricantes com os resultados obtidos experimentalmente.

A importância da análise centesimal neste contexto pode ser discutida sob três perspectivas principais. A primeira é a validação das alegações nutricionais. A *Spirulina platensis* é amplamente comercializada como uma rica fonte proteica, e para confirmar essa alegação, é fundamental realizar uma quantificação precisa do teor de proteínas. Para isso, aplica-se o método de Kjeldahl (com fator de conversão 5,75), recomendado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), que permite determinar o conteúdo proteico total da amostra. Os valores esperados de proteína, com base na literatura científica e parâmetros de qualidade para suplementos, encontram-se entre 50% e 70% em base seca (MORAES et al., 2021).

Os resultados obtidos são comparados com os valores declarados no rótulo do produto, considerando a tolerância máxima de 20% para variações, conforme estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2012). Isso significa que o teor real de proteína pode variar até 20% para mais ou para menos em relação ao valor informado no rótulo, sem que o produto esteja em desconformidade. Essa margem é permitida para compensar variações naturais nos processos de produção, mas, se for ultrapassada, o suplemento pode ser considerado fora dos padrões legais e até enganar o consumidor quanto ao seu valor nutricional real.

A segunda contribuição da análise centesimal está relacionada à detecção de possíveis adulterações e fraudes nos produtos. Práticas fraudulentas podem ser identificadas por meio da alteração nos perfis centesimais característicos da *Spirulina*. Por exemplo, a adição de materiais inertes pode ser detectada por um aumento anormal no teor de cinzas – que, em condições normais, variam de 6% a 9% em matéria seca, segundo parâmetros descritos por Moraes et al. (2021). A diluição com substâncias de baixo custo pode resultar em alterações nos níveis de umidade (esperada entre 5% e 7%) e carboidratos (comum entre 10% e 20%, obtido por diferença), enquanto a substituição parcial por outras biomassas pode ser percebida por desvios significativos na composição centesimal original.

A terceira dimensão é a avaliação da qualidade do processamento. Parâmetros como o teor de umidade e de lipídios fornecem informações importantes sobre as condições de secagem e conservação do produto. Uma umidade elevada pode comprometer a estabilidade e favorecer a deterioração, enquanto a rancidez oxidativa, indicativa de conservação inadequada, pode ser detectada pela análise dos lipídios – cujo teor ideal está entre 3% e 10% em matéria seca, determinado por extração Soxhlet com éter etílico (MORAES et al., 2021). Além disso, essas

análises refletem o nível de controle de qualidade aplicado durante as etapas de produção do suplemento.

Assim, a análise centesimal não apenas oferece dados fundamentais para verificar a veracidade das informações nutricionais presentes nos rótulos, como também contribui para garantir a qualidade e segurança dos produtos consumidos, além de atuar como uma ferramenta para identificar não conformidades relevantes ao consumidor e aos órgãos fiscalizadores.

A Tabela 2 resume os principais componentes analisados, os métodos utilizados e os intervalos de referência esperados, com base na literatura técnica e científica aplicada ao presente estudo.

Tabela 2-Parâmetros da análise centesimal e sua aplicação no estudo

Componente	Método	Relevância para Conformidade	Faixa Esperada (Matéria Seca)
Umidade	Secagem em estufa (105°C)	Verifica conservação e detecta adulteração por umectantes	5-7%
Cinzas	Calcinação (505°C)	Detecta adição de minerais ou contaminantes.	6-9%
Proteínas	Kjeldahl (fator 5,75)	Válida a alegação de “alto teor proteico”	50-70%
Lipídios	Soxhlet (éter etílico)	Avalia a qualidade dos ácidos graxos e oxidação	3-10%
Carboidratos	Por diferença	Identifica a adulteração com amidos ou fibras	10-20%

A execução rigorosa da análise centesimal, seguindo os protocolos estabelecidos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), pelas metodologias oficiais da AOAC (2016) e pelas normativas da ANVISA (BRASIL, 2019), garante a confiabilidade dos resultados e permite conclusões precisas sobre a conformidade dos produtos avaliados com a legislação brasileira.

No caso específico da *Spirulina platensis*, cujo valor nutricional e potencial comercial são amplamente reconhecidos por estudos nacionais (PHILIPPI et al., 2014; EMBRAPA, 2021), a análise centesimal se configura como ferramenta indispensável para assegurar a integridade do produto. A aplicação criteriosa dos métodos analíticos — como a secagem em estufa para

umidade (valor esperado: 5–7%), calcinação para cinzas (6–9%), Kjeldahl para proteínas (50–70%), Soxhlet com éter etílico para lipídios (3–10%) e cálculo por diferença para carboidratos (10–20%) — fornece um perfil composicional confiável e compatível com os parâmetros de qualidade da literatura (MORAES et al., 2021).

Essa abordagem analítica fundamenta-se em três pilares essenciais:

- 1- Proteção ao consumidor: Ao assegurar que os valores nutricionais declarados nos rótulos correspondam à composição real do produto, conforme exigido pela RDC ANVISA nº 54/2012 (BRASIL, 2012), a análise centesimal atua na defesa do direito à informação clara e precisa, evitando que o consumidor seja induzido ao erro por alegações enganosas.
- 2- Manutenção da equidade de mercado: A verificação objetiva da qualidade dos produtos permite coibir práticas comerciais desleais, como a adulteração com excipientes ou substituições não declaradas. Produtos que excedem os limites de tolerância estabelecidos pela legislação vigente podem ser considerados fora de conformidade, comprometendo sua legalidade e competitividade no mercado.
- 3- Controle de qualidade: A análise permite identificar possíveis desvios nos processos produtivos, como falhas na secagem, contaminações ou alterações indesejadas na formulação. Estudos realizados com amostras de origem brasileira demonstram que variações nos teores de umidade, cinzas e proteínas são indicativos frequentes de inadequações na produção ou no armazenamento (SILVA et al., 2020).

Assim, a aplicação sistemática da análise centesimal, com base em métodos consagrados por instituições como o Ministério da Saúde, a AOAC e o Instituto Adolfo Lutz, constitui um instrumento técnico-científico robusto e eficaz para a fiscalização, regulamentação e garantia da qualidade dos suplementos à base de *Spirulina platensis* comercializados no Brasil.

### 3 MATERIAIS E METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram analisadas cinco marcas de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis*, identificadas como Marcas A, B, C, D e E. Conforme ilustrado na Figura 10, observam-se as amostras utilizadas nas análises.

Figura 10-Diferentes marcas de suplementos à base de *Spirulina platensis* utilizadas nas análises laboratoriais.



Dentre essas, quatro apresentavam a *Spirulina* na forma de cápsulas, enquanto uma era comercializada em pó. As amostras foram adquiridas em farmácias e lojas de produtos naturais na cidade de João Pessoa-PB, no mês de março de 2025, garantindo um contexto temporal adequado para a análise. Para cada marca, foram considerados dados como número do lote, data de validade e, no caso das cápsulas, a massa declarada. As informações detalhadas sobre cada amostra estão apresentadas na Tabela 3.

A fim de avaliar a conformidade das amostras com as normas vigentes, foram aplicados métodos específicos para a análise da rotulagem dos suplementos de *Spirulina platensis*. A seguir, são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos adotados para a coleta e interpretação das informações dos rótulos.

Tabela 3-Informações das amostras de suplementos de *Spirulina platensis* em cápsulas e pó.

Marca	Lote	Data de Validade	Massa por cápsula (mg)	Estado de comércio
A	082024	12/2026	500	Cápsula
B	0234	07/2026	450	Cápsula
C	211582	06/25	500	Cápsula
D	007/24	07/26	500	Cápsula
E	644379	02 meses após aberta a embalagem	-	Pó

A fim de avaliar a conformidade das amostras com as normas vigentes, foram aplicados métodos específicos para a análise da rotulagem dos suplementos de *Spirulina platensis*. A seguir, são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos adotados para a coleta e interpretação das informações dos rótulos.

### 3.1 ANÁLISES CENTESIMAIS REALIZADAS

As análises centesimais foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), utilizando os procedimentos descritos no Manual de Métodos Analíticos do próprio laboratório. Os métodos adotados seguem os princípios estabelecidos por referências reconhecidas na área de alimentos, como o Instituto Adolfo Lutz (2008), estando adequados às boas práticas laboratoriais e às exigências metodológicas da ANVISA.

Foram determinadas as frações de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos das amostras de *Spirulina platensis*, conforme descrito nas subseções a seguir.

### 3.1.1 Umidade por aquecimento direto (Secagem em estufa à 105° C)

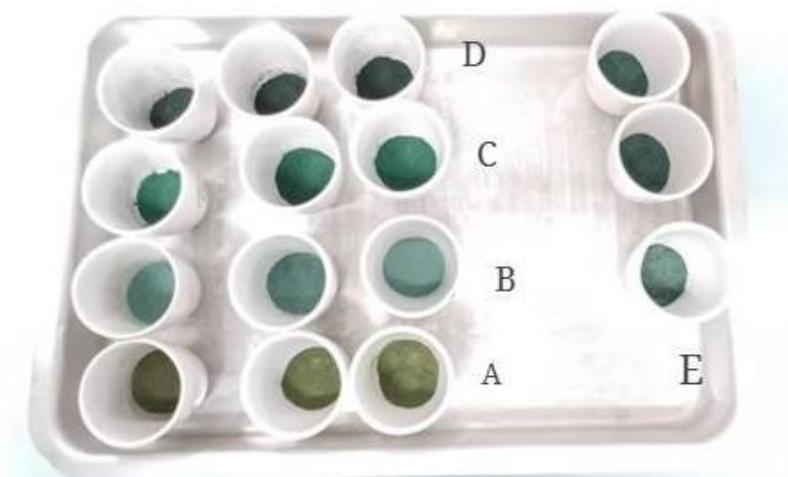
A determinação do teor de umidade no suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis* em pó foi realizada por meio do método gravimétrico de secagem em estufa a 105 °C, conforme metodologia descrita por IAL (2008, p. 43). Este método fundamenta-se na volatilização da água livre presente na amostra quando submetida a temperaturas controladas, permitindo a quantificação indireta da umidade pela perda de massa após aquecimento.

Foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: cápsulas de alumínio previamente limpas e taradas, espátula metálica, pinça, dessecador contendo sílica gel como agente secante, balança analítica com precisão de 0,0001 g (marca Marte, modelo AD500S) e estufa ventilada (marca FANEM, modelo 315 SE) regulada a 105 °C ( $\pm 2$  °C). Todas as análises foram realizadas em triplicata, sob condições controladas de temperatura ambiente ( $25 \pm 1$  °C) e umidade relativa do ar de  $60 \pm 5\%$ .

As amostras analisadas consistiram em 4 marcas de suplementos alimentares de *Spirulina platensis* em cápsulas e 1 marca com o suplemento em pó, nas marcas em cápsulas, utilizamos o conteúdo em pó das cápsulas comerciais para a análise, as quais foram abertas manualmente para obtenção do material particulado.

O procedimento experimental começou com o preparo das cápsulas de alumínio, lavando-as com uma solução de etanol 70%, aquecidas em estufa a 105 °C por 1 hora, resfriadas em dessecador por 30 minutos e taradas em balança analítica. Em seguida, alíquotas de  $3,000 \pm 0,005$  g da amostra foram pesadas em cadinhos previamente tarados, como mostrado na Figura 11, utilizando-se uma espátula. As cápsulas contendo a amostra foram então submetidas à secagem em estufa a 105 °C por 3 horas, seguindo um protocolo adaptado de Brasil (2019, p. 7). Após cada ciclo de aquecimento, o material foi resfriado em dessecador por 30 minutos e pesado, repetindo-se o processo até a obtenção de uma massa constante, definido como uma variação inferior a 0,2 mg entre pesagens consecutivas.

Figura 11- Amostras pesadas em cadinhos.



Após esse procedimento, podemos realizar o cálculo do percentual de umidade (%U) conforme a equação (1):

$$\%U = \frac{(P_2 - P_1)}{P_0} \times 100\% \quad (1)$$

onde:

- $P_2$  = massa inicial da cápsula + amostra úmida (g);
- $P_1$  = massa final da cápsula + amostra seca (g);
- $P_0$  = massa inicial da amostra (g).

### 3.1.2 Determinação de resíduo mineral fixo (Cinzas)

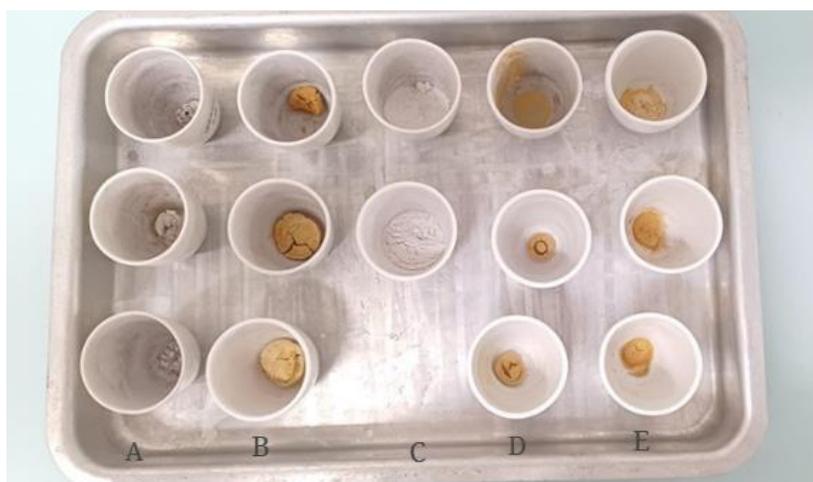
A determinação de resíduo mineral fixo, ou cinzas, consiste na quantificação do resíduo inorgânico remanescente após a incineração da amostra, transformando a matéria orgânica em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{NO}_2$ . Esse resíduo é composto por óxidos de metais, sulfatos não voláteis, fosfatos, silicatos e outros minerais. O método não diferencia os minerais individualmente, mas possibilita a determinação de elementos como potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo) e alumínio (Al). Para a análise, foram utilizadas cinco amostras de suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis*. Cada amostra foi pesada conforme recomendado  $3,000 \pm 0,005$  g, considerando sua composição e teor de cinzas esperado. Antes da incineração, as amostras foram secas em uma estufa da marca FANEM, modelo 315 SE, a  $105^\circ\text{C}$ , por uma hora, para remoção da umidade, garantindo maior precisão nos resultados.

Os cadinhos de porcelana foram previamente aquecidos na mesma estufa, resfriados em dessecador com sílica gel até atingirem temperatura ambiente e, então, pesados em uma balança analítica da MARTE, modelo AD500S marca para determinação da tara. Em seguida, as amostras foram pesadas diretamente nos cadinhos e submetidas à carbonização inicial em chama direta, evitando a perda de material por volatilização excessiva. Realizou-se a carbonização inicial em chama direta, evitando a perda de material por volatilização excessiva. Posteriormente, os cadinhos foram transferidos para uma mufla marca FANEM, modelo 412, onde permaneceram a 550 °C até que o resíduo apresentasse coloração branca ou cinza claro, indicando a completa remoção da matéria orgânica (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

No entanto, em algumas amostras, observou-se a presença de cinzas com tonalidade amarelada ou marrom claro. Essa coloração pode estar relacionada à presença de resíduos orgânicos não totalmente degradados, à formação de compostos intermediários durante a queima ou até à contaminação por minerais ou sais metálicos que resistem à incineração a 550 °C (PARDINAS et al., 2000; SILVA et al., 2010).

Após a incineração, os cadinhos foram resfriados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e, em seguida, pesados na mesma balança analítica (conforme ilustrado na Figura 12). O procedimento de aquecimento na mufla e resfriamento foi repetido até a obtenção de peso constante, garantindo a precisão da análise (BRASIL, 2005).

Figura 12- Cadinhos contendo os resíduos das amostras de *Spirulina platensis* após a etapa de incineração para determinação do teor de cinzas.



O teor de cinzas foi determinado a partir da diferença entre a massa do cadinho com a cinza final e a massa do cadinho vazio previamente tarado, conforme metodologia descrita por

AOAC (2019). Esse método permite avaliar a composição mineral global do suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis*, contribuindo para a caracterização do produto quanto ao seu teor de minerais essenciais e sua conformidade com padrões estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2020).

O percentual de cinzas (%C) foi calculado conforme a equação:

$$\%C = \frac{(P_2 - P_1)}{P_0} \times 100\% \quad (2)$$

onde:

- $P_1$  = massa do cadinho + resíduo após incineração (g);
- $P_2$  = massa do cadinho vazio (g);
- $P_0$  = massa inicial da amostra (g).

### 3.1.3 Determinação de lipídios (Método *Soxhlet*)

A determinação do teor lipídico no suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis* foi realizada mediante extração contínua em aparelho de *Soxhlet*, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e adaptada às normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019). O princípio do método baseia-se na capacidade de solventes orgânicos apolares, como o hexano, em solubilizar compostos lipídicos, incluindo triglicerídeos, fosfolipídios e esteróis, permitindo sua separação da matriz alimentar por extração contínua e subsequente quantificação gravimétrica.

Para a execução das análises, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: aparelho extrator de *Soxhlet* completo (constituído por balão de fundo chato de 250 mL com boca esmerilhada, condensador e extrator), balança analítica da marca MARTE, modelo AD500S com precisão de 0,0001 g, estufa ventilada da marca FANEM, modelo 315 SE regulada a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ , chapa aquecedora com controle de temperatura, cartuchos de celulose para *Soxhlet* com 12 cm de diâmetro, algodão desengordurado, espátula metálica e dessecador contendo sílica gel azul. Como reagente, empregou-se o clorofórmio grau analítico, conforme especificado pela Farmacopeia Brasileira (2023).

As amostras de *Spirulina platensis* foram previamente desidratadas em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , conforme método de determinação de umidade, e homogeneizadas em graal de ágata. Alíquotas de  $2,000 \pm 0,005$  g foram pesadas em cartuchos de celulose previamente lavados com hexano

e secos a 105°C por 1 hora, sendo o fundo dos cartuchos protegido com algodão desengordurado para evitar perda de material particulado. O cartucho contendo a amostra foi acondicionado no extrator de *Soxhlet*, acoplado ao balão tarado contendo 150 mL de clorofórmio. O sistema foi mantido sob refluxo por 6 horas (8 ciclos/hora), com controle rigoroso da temperatura do banho-maria a 60°C, conforme parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, RDC nº 166, 2017).

Após a extração, o clorofórmio foi evaporado e o balão contendo o extrato lipídico foi submetido à secagem em estufa a 105°C por 1 hora. O resfriamento em dessecador por 45 minutos foi seguido de pesagem em balança analítica, repetindo-se o ciclo de secagem por 30 minutos até obtenção de peso constante (variação inferior a 0,2 mg entre pesagens consecutivas), como observado na Figura 13.

Figura 13-Amostras de extrato lipídico obtidas a partir de suplementos de *Spirulina platensis* após secagem em estufa.



Paralelamente, realizou-se branco analítico com cartucho sem amostra para correção de possíveis interferências.

O percentual de extrato etéreo (% Extrato étero) foi calculado conforme a equação (3):

$$\% \text{Extrato étero} = \frac{100 \times N}{P} \quad (3)$$

onde:

- P = Massa da amostra em (g);
- N = grama de lipídios (g).

### 3.1.4 Proteínas totais (Método de *Kjeldahl*)

A determinação do teor de proteínas totais nas amostras de suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis* foi realizada pelo método de *Kjeldahl*, conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e validado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019). Esse método baseia-se na conversão do nitrogênio orgânico da amostra em sulfato de amônio, por meio de digestão com ácido sulfúrico concentrado, seguida pela destilação da amônia gerada em meio alcalino e sua quantificação por titulação. A partir da quantidade de nitrogênio determinada, é possível estimar o teor de proteínas totais, utilizando-se um fator de conversão apropriado.

As análises foram realizadas utilizando tubos de digestão de *Kjeldahl* com capacidade de 100 mL, bloco digestor da marca Solab, modelo SL-25/40, acoplado a capela de exaustão. A etapa de destilação foi conduzida em destilador semiautomático de nitrogênio da marca TECNAL, modelo TE-0364. A titulação foi realizada utilizando bureta digital Brand Titrette® com precisão de 0,01 mL, frascos Erlenmeyer de 125 mL e pipetas volumétricas calibradas. Para a digestão, foram adicionados 10 mL de ácido sulfúrico concentrado P.A. (95–98%) e aproximadamente 0,5 g de uma mistura catalítica composta por sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), sulfato de cobre pentahidratado ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) e dióxido de selênio (Se), na proporção 100:10:1 (m/m/m).

As amostras de *Spirulina platensis* em pó foram previamente homogeneizadas em gral de ágata e secas em estufa da marca Quimis, modelo Q317M, a 105°C por quatro horas, com o objetivo de remover a umidade residual. Em seguida, foram pesadas alíquotas de  $0,500 \pm 0,001$  g utilizando balança analítica da marca MARTE, modelo AD500S, transferidas quantitativamente para os tubos de digestão utilizando papel manteiga livre de nitrogênio. A digestão ocorreu em aquecimento gradual até  $350 \pm 10^\circ C$ , sendo mantida por duas horas após obtenção de uma solução translúcida azul-esverdeada, sem resíduos carbonizados, indicando a completa mineralização da matéria orgânica.

Após o resfriamento dos tubos, adicionou-se 5 mL de água destilada à solução digestada e a mistura foi submetida à destilação no aparelho semiautomático. Para a alcalinização do meio, foram adicionados 15 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 40% (m/v), preparada com reagente P.A.. A amônia liberada foi coletada em 25 mL de solução

de ácido bórico a 4% (m/v) contendo indicador misto composto por vermelho de metila 0,1% e verde de bromocresol 0,1% (na proporção 3:2). A titulação foi realizada com ácido clorídrico (HCl) 0,1N, previamente padronizado com carbonato de sódio anidro, até a viragem da coloração para avermelhada ou rósea (como apresentado na Figura 14), correspondente a pH 4,6. Paralelamente, uma amostra em branco (sem adição da amostra) foi analisada com os mesmos reagentes para fins de correção.

Figura 14-Erlenmeyers contendo amostras de *Spirulina platensis* após o processo de titulação para determinação do teor de proteínas pelo método de *Kjeldahl*.



O cálculo do teor de proteínas totais foi realizado considerando o volume de ácido clorídrico gasto na titulação da amônia, aplicando-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína com base na composição da *Spirulina platensis*.

A equação geral utilizada foi a equação (4):

$$\% \text{Proteínas totais} \frac{g}{100g} = \frac{(V_a - V_b) \times f_a \times F \times 0,14}{m} \quad (4)$$

Onde;

$V_a$  = Volume do ácido clorídrico 0,1N padronizado gasto na titulação da amostra

$V_b$  = Volume do ácido clorídrico 0,1N padronizado gasto na titulação do branco

$f_a$  = Fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1N

$F$  = fator de correspondência nitrogênio – proteína (vegetal – 5,75/ para carnes ou misturas de proteínas, e proteínas de soja e de milho – 6,25/ produtos lácteos – 6,38).

$m$  = Massa da amostra (g).

### 3.1.5 Determinação de carboidratos

A determinação do teor de carboidratos no suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis* foi realizada pelo método de diferença, conforme descrito por métodos gravimétricos padrão (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Esse procedimento consiste em subtrair, do valor total de 100 g do alimento, os teores já determinados das demais frações proximais, ou seja, umidade, resíduo mineral fixo (cinzas), proteínas totais e lipídios. Assim, o valor estimado para os carboidratos corresponde ao conteúdo remanescente da amostra, expresso em percentual (% g/100 g).

A fórmula utilizada foi a da equação (5):

$$\% \text{Carboidratos} = 100 - (1 + 2 + 3 + 4) \quad (5)$$

Onde;

1 = % teor de umidade;

2 = % teor de resíduo mineral fixo;

3 = % teor de proteína;

4 = % teor de lipídios.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 ANÁLISE DE ROTULAGEM**

#### **4.1.1 Resultados da Análise de Rotulagem**

A análise dos rótulos das cinco marcas de suplementos à base de *Spirulina platensis*, sendo quatro em cápsulas e uma em pó, foi conduzida com base nas exigências estabelecidas pela Resolução RDC nº 243/2018 (BRASIL, 2018), que regulamenta os critérios específicos para suplementos alimentares no Brasil. Essa resolução determina a obrigatoriedade de informações como lista de ingredientes, tabela nutricional, medida caseira, advertências obrigatórias, prazo de validade, identificação de alérgenos e registro/notificação na ANVISA, com base em outras normas complementares, como a RDC nº 26/2015 (alérgenos), a Portaria nº 75/2019 (valores de referência nutricional), e os manuais técnicos da ANVISA (ANVISA, 2021).

Ao iniciar a análise, iremos observar as imagens Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19 podemos observar os rótulos das amostras avaliadas. Em seguida, a Tabela 4 resume a presença ou ausência dos itens exigidos pela legislação em cada produto, incluindo informações como denominação de venda, lista de ingredientes, tabela nutricional, número do lote, validade, advertências obrigatórias, entre outros.

As inconformidades observadas são discutidas ao longo do capítulo, considerando o impacto dessas falhas para o consumidor e para a adequação dos produtos à legislação vigente.

Figura 15- Rótulo da Marca A dos suplementos à base de *Spirulina platensis* analisados.



Figura 16- – Rótulo da Marca B dos suplementos à base de *Spirulina platensis* analisados.



Figura 17- Rótulo da Marca C dos suplementos à base de *Spirulina platensis* analisados.



Figura 18- Rótulo da Marca D dos suplementos à base de *Spirulina platensis* analisados.



Figura 19- Rótulo da Marca E dos suplementos à base de *Spirulina platensis* analisados.



Tabela 4- Avaliação da conformidade dos rótulos de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis* segundo a RDC nº 243/2018 e demais legislações vigentes.

Critério de Avaliação	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D	Marca E
Lista de ingredientes (ordem crescente)	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO

Tabela 4- Avaliação da conformidade dos rótulos de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis* segundo a RDC nº 243/2018 e demais legislações vigentes.

Continua

Critério de Avaliação	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D	Marca E
Tabela de Informação Nutricional (RDC nº 243/2018)	INCOMPLETA	INCOMPLETA	INCOMPLETA	INCOMPLETA	SIM
Valores Diários de Referência – %VD (Portaria nº 75/2019)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Medida caseira (ex.: cápsula, colher)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Advertência obrigatória (“O consumo deste produto...”)	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Identificação de alérgenos (RDC nº 26/2015)	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
Prazo de validade	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Número de lote	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Peso líquido / Quantidade por cápsula	SIM	SIM	SIM	SIM	-
Registro ou notificação na ANVISA	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO
Sugestão de uso (modo de consumo)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Tabela 4- Avaliação da conformidade dos rótulos de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis* segundo a RDC nº 243/2018 e demais legislações vigentes.

Critério de Avaliação	Continuação e conclusão				
	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D	Marca E
Ausência de alegações terapêuticas indevidas	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
Frase de restrição de uso conforme público-alvo	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
Método de conservação	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
Nome ou razão social do fabricante	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
CNPJ	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Endereço ou país de origem	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC/Contato)	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM

Fonte: Elaborado pela autora, com base na RDC nº 243/2018, RDC nº 26/2015, RDC nº 259/2002, Portaria nº 75/2019, Portaria nº 157/2002 (INMETRO) e Instrução Normativa nº 61/2020.

A análise dos rótulos das cinco marcas de suplementos à base de *Spirulina platensis* revelou diferentes níveis de conformidade com os critérios exigidos pela legislação vigente, especialmente a RDC nº 243/2018, RDC nº 26/2015, Portaria nº 75/2019 e IN nº 75/2020, todas da ANVISA.

No que se refere à lista de ingredientes, quatro das cinco marcas apresentaram corretamente a descrição em ordem decrescente de concentração, conforme exigido. Apenas a Marca E não atendeu a esse critério.

A Tabela de Informação Nutricional, por sua vez, foi inicialmente considerada incompleta para quatro marcas. No entanto, conforme previsto na IN nº 75/2020, é permitida a omissão de determinados nutrientes, desde que o fabricante declare expressamente a ausência

de quantidades significativas. Esse recurso foi utilizado por quatro marcas, o que garante conformidade legal. Somente a Marca E não apresentou essa declaração, motivo pelo qual sua tabela nutricional permanece como incompleta.

A presença dos Valores Diários de Referência (% VD), da medida caseira (exemplo: cápsula), do prazo de validade, número de lote, registro ou notificação na ANVISA, e da sugestão de uso foi verificada positivamente em quase todas as marcas, com destaque para a Marca C, que cumpriu integralmente esses requisitos.

Quanto às advertências obrigatórias, como a frase “O consumo deste produto deve ser acompanhado por profissional de saúde”, observou-se ausência em todas as marcas, o que configura não conformidade com a RDC nº 243/2018.

A identificação de alérgenos, de acordo com a RDC nº 26/2015, foi atendida por quatro marcas. A Marca E, mais uma vez, deixou de apresentar essa informação, o que representa uma falha grave, sobretudo para consumidores com restrições alimentares.

No tocante à identificação do fabricante, CNPJ, endereço, método de conservação e contato do SAC, todas as marcas, com exceção da E, forneceram essas informações de forma adequada. O método de conservação esteve ausente em duas marcas, o que pode comprometer a estabilidade e a qualidade do produto ao longo do tempo.

Além disso, a ausência de alegações terapêuticas indevidas foi respeitada por quatro marcas. A Marca E, contudo, apresentou frases que sugerem benefícios terapêuticos, infringindo a regulamentação vigente.

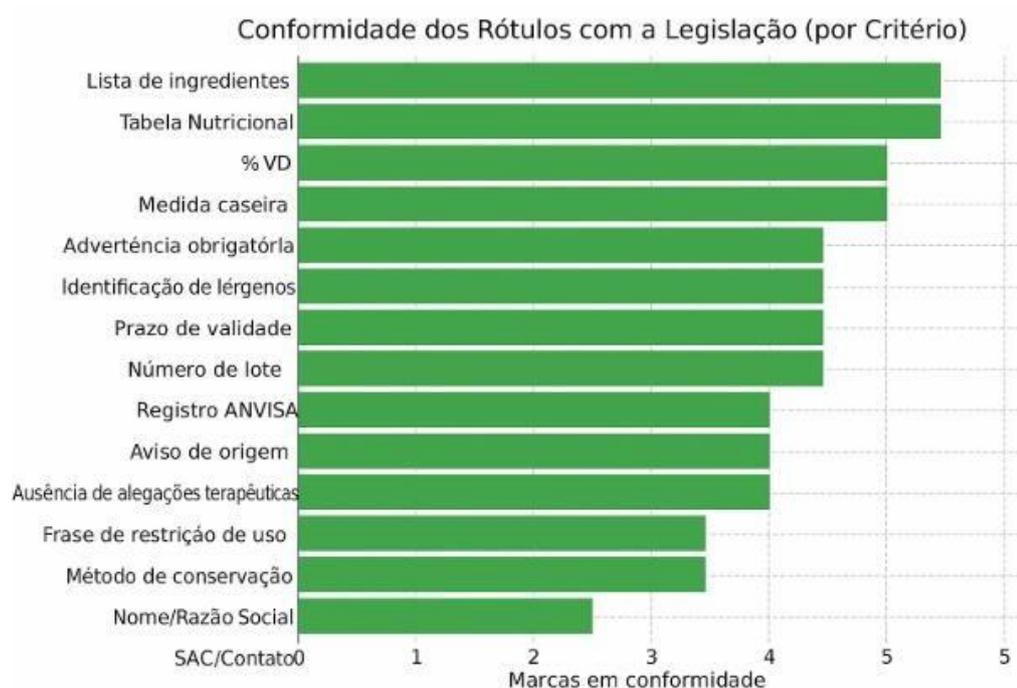
Com base na Tabela 4, elaborou-se o um gráfico conforme a Figura 20 que representa de forma quantitativa o número de marcas que atenderam a cada um dos critérios estabelecidos pela Resolução RDC nº 243/2018 (BRASIL, 2018) e demais normas complementares. O gráfico facilita a interpretação dos dados ao evidenciar os pontos de maior e menor conformidade entre os produtos analisados.

Observa-se, por exemplo, que critérios como prazo de validade, CNPJ e nome do fabricante foram amplamente atendidos pelas cinco marcas, refletindo boa aderência às exigências básicas de identificação e rastreabilidade. Por outro lado, critérios como advertência obrigatória (“O consumo deste produto deve ser acompanhado por um profissional de saúde”) e método de conservação apresentaram menor frequência de cumprimento, indicando falhas recorrentes nesses aspectos regulatórios.

A visualização gráfica, portanto, corrobora as observações detalhadas na discussão anterior e permite uma análise comparativa mais direta entre os diferentes pontos exigidos pela

legislação vigente. Essa abordagem integrada, que alia tabela e gráfico, reforça a importância de uma rotulagem completa e adequada para garantir a segurança e a informação ao consumidor.

Figura 20-Análise gráfica do número de critérios de rotulagem atendidos por cada marca de suplemento de *Spirulina* estudada.



A Figura 20 apresenta o total de critérios de rotulagem atendidos por cada marca analisada, conforme os dados da Tabela 4.1. Para fins de representação gráfica, as marcas foram codificadas de forma simplificada: Marca A corresponde à Marca 1, Marca B à Marca 2, Marca C à Marca 3, Marca D à Marca 4 e Marca E à Marca 5.

Observa-se que a Marca A e Marca E apresentam, respectivamente, o maior e o menor número de critérios atendidos. Essa visualização auxilia na comparação geral da conformidade de rotulagem entre os produtos analisados.

## 4.2 RESULTADO DAS ANÁLISES CENTESIMAIS

Nesta seção, apresentam-se os resultados das análises centesimais realizadas nas amostras de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis*. Foram determinadas as frações de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos, com o objetivo de comparar os

valores obtidos entre diferentes marcas comerciais e verificar sua conformidade com os dados reportados na literatura.

#### 4.2.1 Teor de Umidade

Após a realização dos procedimentos descritos, foram obtidos os valores médios de umidade para as amostras de suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis*. As análises foram conduzidas em triplicata, e os resultados, expressos em média e desvio padrão, estão apresentados na Tabela 5. Para avaliar a confiabilidade e a precisão dessas determinações, foram calculados o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV).

Tabela 5- Teores médios de umidade das amostras de *Spirulina platensis*.

Marca	Umidade Média (%)	Desvio padrão	Coeficiente de Variação Médio
A	7,43	0,18	2,49
B	8,52	0,05	0,59
C	5,70	0,08	1,46
D	9,28	0,20	2,14
E	9,01	0,05	0,59

O desvio padrão expressa a dispersão dos valores obtidos em torno da média, refletindo a variabilidade dos dados experimentais. Já o coeficiente de variação é uma medida relativa dessa dispersão, calculado como a razão entre o desvio padrão e a média, multiplicada por 100.

Essa abordagem permite comparar a consistência dos resultados entre diferentes amostras, independentemente das magnitudes médias. Segundo Sampaio (2010), coeficientes de variação inferiores a 10% indicam boa precisão experimental, sendo esse um critério amplamente utilizado em pesquisas da área de alimentos (BRASIL, 2003).

No presente estudo, todas as amostras apresentaram coeficientes de variação inferiores a 3%, o que confirma a alta precisão dos dados obtidos. A marca B e a marca E, por exemplo, apresentaram os menores CVs (0,59%), demonstrando excelente reprodutibilidade. A marca A obteve CV de 2,49%, enquanto a marca D, apesar de apresentar o maior teor de umidade (9,28%), também manteve um CV dentro de padrões aceitáveis (2,14%). Já a marca C apresentou um CV de 1,46%, igualmente satisfatório.

A análise estatística por meio desses parâmetros é fundamental para garantir a robustez e confiabilidade dos resultados, conferindo maior segurança às conclusões sobre a conformidade dos produtos analisados.

#### 4.2.2 Teor de Cinzas

Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão de triplicatas ( $n = 3$ ), com base em massa seca (previamente desidratada a 105 °C), conforme informado na Tabela 6 a seguir. Para avaliar a consistência e confiabilidade das análises de resíduo mineral fixo (cinzas), foram também calculados os valores de desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) de cada amostra.

Tabela 6- Teor de resíduo mineral fixo (cinzas) em amostras de suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis*

Marca	Cinzas Média (%)	Desvio padrão	Coeficiente de Variação Médio
A	5,74	0,16	2,80
B	8,07	0,10	1,19
C	37,15	0,25	0,67
D	6,95	0,19	2,75
E	5,03	0,09	1,71

O teor de cinzas é um parâmetro importante na análise centesimal, pois representa a fração inorgânica da amostra, indicando a presença de minerais e sendo útil para identificar adulterações ou contaminações. Valores excessivamente elevados ou muito abaixo do esperado podem sugerir desde falhas no processo de secagem até a adição de substâncias estranhas à matriz original da *Spirulina platensis* (BRASIL, 2003; PHILIPPI et al., 2014).

A marca C, por exemplo, apresentou um valor de cinzas significativamente mais alto (37,15%), contrastando com as demais marcas, cujos teores variaram entre 5,74% e 8,07%. Esse resultado pode indicar possível adulteração, contaminação ou incorreção na rotulagem, uma vez que valores de cinzas acima de 10% não são esperados para a *Spirulina platensis* segundo referências como a EMBRAPA (2021). No entanto, o coeficiente de variação da marca C foi o mais baixo entre as amostras (0,67%), indicando uma alta reprodutibilidade interna dos resultados obtidos.

A marca A apresentou um CV de 2,80%, e a marca D, 2,75%, ambos valores considerados aceitáveis dentro dos padrões experimentais, apesar de indicarem maior variabilidade entre as repetições. A marca B obteve um CV de 1,19%, demonstrando boa precisão nas análises. É importante destacar que, conforme Sampaio (2010), coeficientes de variação abaixo de 10% são indicativos de confiabilidade estatística, sendo esse um critério amplamente utilizado em estudos de alimentos e suplementos (BRASIL, 2003).

Assim, a avaliação conjunta dos teores médios, desvios padrão e coeficientes de variação reforça a importância do controle estatístico na análise centesimal. Esses parâmetros contribuem para a identificação de possíveis desvios na formulação, problemas no processamento ou falhas de rotulagem, sendo, portanto, essenciais para a verificação da qualidade dos suplementos disponíveis no mercado.

#### 4.2.3 Teor de Lipídios

Com base nos dados obtidos durante o processo de extração e nas pesagens realizadas, foi possível determinar o teor de lipídios presentes nas amostras de *Spirulina platensis*. As análises foram conduzidas em triplicata, assegurando maior confiabilidade estatística, e os resultados estão expressos como média, desvio padrão e coeficiente de variação, conforme apresentado na Tabela 7. Esses parâmetros permitem avaliar não

apenas a quantidade de lipídios, mas também a consistência e a homogeneidade dos dados obtidos para cada marca analisada.

Tabela 7- Teor de lipídios totais em amostras de suplemento alimentar à base de *Spirulina platensis*.

Marca	Média do teor de Lipídios (%)	Desvio padrão (DP)	Coefficiente de Variação Médio (CV)
A	8,92	0,89	9,98
B	6,77	3,93	58,13
C	5,53	0,55	9,88
D	5,74	0,44	7,61
E	18,63	1,24	6,65

A quantificação dos lipídios totais nas amostras de *Spirulina platensis* revelou variações significativas entre as marcas avaliadas, conforme demonstrado na Tabela 7. Os resultados, obtidos em triplicata e expressos em média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), permitem inferir sobre a homogeneidade dos produtos e a consistência das formulações.

O teor de lipídios é um indicador nutricional relevante, já que a *Spirulina* é conhecida por conter ácidos graxos essenciais em concentrações moderadas. A marca E apresentou o valor mais elevado de lipídios (18,63%), destoando das demais, o que pode indicar possível enriquecimento com óleos vegetais ou alterações no processo de secagem (PHILIPPI et al., 2014). Ainda assim, apresentou um CV de 6,65%, demonstrando uniformidade entre as repetições.

Por outro lado, a marca B obteve o maior coeficiente de variação (58,13%), valor que ultrapassa amplamente os limites aceitáveis de variabilidade para esse tipo de análise, podendo sinalizar inconsistência na composição da amostra ou instabilidade no método aplicado.

Desvios elevados como esse comprometem a reprodutibilidade dos dados e sugerem necessidade de padronização mais rigorosa.

As marcas A, C e D apresentaram teores mais próximos entre si (variando de 5,53% a 8,92%) e coeficientes de variação inferiores a 10%, o que aponta para resultados confiáveis e bem controlados. A observação conjunta desses parâmetros evidencia a importância de verificar não apenas os valores absolutos de lipídios, mas também a estabilidade do processo analítico e a integridade da amostra.

Dessa forma, a análise do teor lipídico contribui não só para caracterizar o valor nutricional do suplemento, como também para identificar inconsistências e possíveis práticas não declaradas na rotulagem, como adição de substâncias não previstas ou variações nas matérias-primas.

#### 4.2.4 Teor de Proteínas

Nesta subseção, são apresentados os resultados referentes à determinação do teor de proteínas nas amostras de suplementos alimentares à base de *Spirulina platensis*. Os volumes de titulante consumidos na análise foram aplicados à equação do método de Kjeldahl para o cálculo do teor de nitrogênio, considerando-se a diferença entre o volume da amostra e o do branco reagente. O valor de nitrogênio obtido foi convertido em teor de proteína bruta utilizando o fator de conversão 5,75, recomendado para proteínas de origem vegetal, como a *Spirulina platensis* (LOURENÇO et al., 2004). O fator da solução padrão de HCl 0,1N foi previamente determinado e padronizado em laboratório, garantindo a exatidão da titulação.

Os resultados obtidos para cada amostra foram utilizados no cálculo da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação, apresentados a seguir na Tabela 9, os quais expressam a precisão e a consistência do método analítico aplicado. Observa-se que a amostra A apresentou o maior teor médio de proteínas (58,86%), com um desvio padrão bastante reduzido (0,21) e baixo coeficiente de variação (0,35%), evidenciando alta estabilidade e uniformidade nos dados. Por outro lado, a marca D, embora apresente teor considerável (34,78%), mostrou maior dispersão nos dados (DP = 0,57; CV = 1,65%), indicando menor reprodutibilidade na análise. As marcas C e E, ambas com teor médio próximo de 30%, apresentaram variações moderadas, enquanto a marca B destacou-se com teor médio de

51,32%, mas com coeficiente de variação mais elevado (1,12%) em comparação com A, refletindo maior variabilidade entre as triplicatas.

Essas variações nos teores podem refletir tanto diferenças na composição da matéria-prima quanto possíveis variações nos processos de produção e armazenamento dos suplementos. Dessa forma, a análise quantitativa das proteínas é fundamental para verificar a conformidade dos produtos com os valores nutricionais declarados nos rótulos, além de servir como indicador de qualidade e padronização industrial.

Tabela 8- Teor médio de proteínas totais em suplementos à base de *Spirulina platensis*, com desvio padrão e coeficiente de variação, determinado pelo método de *Kjeldahl*.

Marca	Volume Médio de HCl (mL)	Média do teor de Proteínas (%)	Desvio padrão (DP)	Coeficiente de Variação Médio (CV)
A	36,1	58,86	0,21	0,35
B	31,6	51,32	0,57	1,12
C	18,60	30,26	0,46	1,54
D	21,4	34,78	0,57	1,65
E	18,7	30,14	0,27	0,88

#### 4.2.5 Teor de Carboidratos

Para esse cálculo, foram utilizados os resultados médios obtidos nas análises anteriores, realizadas em triplicata, garantindo maior precisão e confiabilidade nos valores estimados. O resultado foi expresso em base úmida, seguindo a metodologia convencional para alimentos e suplementos. Em seguida, os valores obtidos foram utilizados para calcular a média, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV), os quais foram apresentados na Tabela

10. Esses parâmetros estatísticos foram essenciais para expressar a consistência, precisão e reprodutibilidade do método, validando os dados obtidos quanto à sua confiabilidade e adequação à metodologia aplicada.

Observando os resultados, a marca D apresentou o maior teor médio de carboidratos (43,26%), com o menor desvio padrão (0,27) e o coeficiente de variação mais baixo (0,62%), indicando uma excelente uniformidade nas análises e sugerindo um produto com maior proporção de carboidratos. Em contrapartida, a marca B demonstrou elevada variabilidade (CV = 15,67%), apesar do teor relativamente alto (25,33%), o que pode apontar inconsistências no processo de produção ou formulação do suplemento. As marcas A, C e E apresentaram teores médios intermediários (entre 19,04% e 37,13%) e coeficientes de variação mais controlados, com destaque para a marca C, que apresentou um CV de apenas 2,39%, reforçando a confiabilidade dos dados.

Essas diferenças entre os teores de carboidratos podem estar associadas à variação na formulação dos produtos, à adição de outros ingredientes ou à qualidade da matéria-prima utilizada, sendo um fator relevante na avaliação nutricional e no posicionamento comercial dos suplementos à base de *Spirulina platensis*.

Tabela 9- Teores médios de carboidratos por diferença em amostras de suplemento à base de *Spirulina platensis*, expressos em g/100g (n = 3).

Marca	Média do teor de Carboidratos (%)	Desvio padrão (DV)	Coeficiente de Variação Médio (CV) (%)
A	19,04	0,95	4,99
B	25,33	3,97	15,67
C	21,41	0,52	2,39
D	43,26	0,27	0,62
E	37,13	1,23	3,31

#### 4.2.6 Avaliação das Marcas com Base nos Parâmetros de Análise da composição centesimal

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados médios das análises centesimais das amostras de suplementos à base de *Spirulina platensis*, obtidos a partir de análises realizadas. A Tabela 11 sintetiza os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos determinados experimentalmente para cada marca avaliada, permitindo uma comparação direta entre as formulações. Além disso, os valores obtidos foram confrontados com as informações nutricionais declaradas nos rótulos dos produtos, com o intuito de verificar a conformidade entre o conteúdo real e o informado pelos fabricantes.

Tabela 10- Resultados das análises centesimais das amostras de *Spirulina platensis*.

Marca	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)
A	7,43	5,74	8,92	58,86	19,04
B	8,52	8,07	6,77	51,32	25,33
C	5,70	37,15	5,53	30,26	21,41
D	9,28	6,95	5,74	34,78	43,26
E	9,01	5,03	18,63	30,19	37,13

As análises centesimais realizadas permitiram identificar variações significativas entre as cinco marcas de suplementos à base de *Spirulina platensis* quanto aos teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos. Tais variações podem ser atribuídas a fatores como a forma de apresentação (pó ou cápsula), origem da matéria-prima, processos tecnológicos aplicados e composição final do produto.

A umidade das amostras variou de 5,70% a 9,28%, com valores mais elevados sendo observados na marca em pó. Isso era esperado, uma vez que produtos em pó tendem a absorver mais umidade do ambiente por serem mais expostos e higroscópicos. De forma geral, os valores estão dentro do limite aceitável para produtos desidratados, contribuindo para a estabilidade microbiológica e a conservação do suplemento, conforme orientações do Instituto Adolfo Lutz (2008).

No que diz respeito ao teor de cinzas, os resultados indicaram diferenças consideráveis entre as marcas, com valores que oscilaram de 5,03% a 37,15%. A literatura aponta que a

*Spirulina* apresenta, em média, entre 6% e 10% de cinzas (BECKER, 2007), valor relacionado ao seu conteúdo mineral. A marca com o maior valor pode estar associada à presença de impurezas, aditivos minerais ou diferença no método de secagem e processamento, o que merece atenção quanto à padronização.

Os teores de lipídios também apresentaram variações expressivas, com valores entre 5,53% e 18,63%. A literatura relata que o teor lipídico da *Spirulina* pode variar amplamente, podendo alcançar até 20%, dependendo das condições de cultivo, processamento e formulação (SPOLOARE et al., 2006; BECKER, 2013). Valores mais elevados nos suplementos analisados podem estar associados à adição de excipientes lipofílicos ou à presença de outras substâncias incorporadas à formulação.

A fração proteica, por sua vez, mostrou-se bastante variada entre as marcas, com teores que oscilaram entre 30,26% e 58,86%. Considerando que a *Spirulina* é reconhecida por seu alto valor proteico, com valores médios entre 50% e 70% em base seca (VONSHACK, 1997), observa-se que apenas parte das amostras atendeu a esse padrão. Isso pode indicar a presença de diluentes na formulação ou uma menor pureza do produto, o que compromete seu potencial nutricional.

Por fim, os carboidratos, determinados por diferença, apresentaram percentuais entre 19,04% e 43,26%. Naturalmente, quanto maior o teor de proteína, menor tende a ser o percentual de carboidratos, o que se confirmou nas amostras com maior valor proteico. Altos teores de carboidratos em alguns produtos podem indicar a adição de agentes de volume ou substâncias estabilizantes que interferem na composição final.

De modo geral, os resultados apontam para uma heterogeneidade entre os suplementos analisados, sugerindo que nem todos os produtos comercializados com a denominação "*Spirulina platensis*" apresentam composições compatíveis com o perfil nutricional da biomassa pura descrita na literatura. Essa diferença reforça a importância de análises físico-químicas complementares à rotulagem, como forma de assegurar a qualidade e autenticidade dos produtos ofertados ao consumidor.

## 5 CONCLUSÃO

Após os resultados das análises de rotulagem dos suplementos à base de *Spirulina platensis*, observou-se que, embora todas as marcas apresentassem informações básicas obrigatórias — como lista de ingredientes, data de validade, número de lote e CNPJ —, a conformidade com as exigências específicas da RDC nº 243/2018, Portaria nº 75/2019 e RDC nº 26/2015 variou consideravelmente entre os produtos avaliados. Itens essenciais, como a advertência obrigatória (“O consumo deste produto deve ser acompanhado por profissional de saúde”), o modo adequado de conservação e o número de registro ou notificação na ANVISA, foram negligenciados por algumas marcas, o que compromete a segurança da informação e pode afetar a confiança do consumidor.

Apesar dessas falhas, a maior parte dos rótulos apresentaram corretamente dados como sugestão de uso, declaração de alérgenos e ausência de alegações terapêuticas indevidas, o que demonstra, em parte, um esforço por parte das empresas em atender aos requisitos normativos básicos. Ainda assim, os resultados indicam a necessidade de maior fiscalização e padronização para garantir que os produtos disponíveis no mercado atendam plenamente às diretrizes legais, assegurando transparência e segurança ao consumidor final.

Quanto à Tabela de Informação Nutricional, inicialmente considerada incompleta por omitir algumas informações nutricionais, verificou-se que tal ausência foi justificada pela declaração de que os produtos não continham quantidades significativas desse nutriente. De acordo com a legislação vigente, essa omissão é permitida, desde que devidamente informada ao consumidor, o que torna as tabelas nutricionais adequadas nesse critério.

No que diz respeito à análise centesimal, foram obtidos resultados para umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos totais. Observou-se a existência de diferenças relevantes entre as marcas quanto à composição desses nutrientes, o que sugere distintos padrões de qualidade e formulação entre os fabricantes.

- Marca A destacou-se positivamente por apresentar o maior teor de proteínas, o menor teor de lipídeos e baixo teor de umidade, características ideais para um suplemento alimentar rico em nutrientes e com maior estabilidade.

- A Marca B apresentou o menor teor de umidade, o que sugere boas práticas no processo de secagem, além de teores satisfatórios de proteínas. No entanto, o teor de cinzas foi relativamente elevado, o que pode estar associado à presença de impurezas minerais oriundas de resíduos do meio de cultivo, da embalagem ou de condições inadequadas de armazenamento, e não necessariamente à composição natural da biomassa.
- Marca C apresentou resultados equilibrados, com composição próxima da esperada, sem grandes variações.
- Marca D, de modo similar à Marca C, apresentou valores medianos, mas com um leve aumento no teor de lipídeos.
- Marca E foi a que apresentou menor desempenho, com teor elevado de umidade, baixo teor de proteínas e alto teor de cinzas, o que pode indicar baixa qualidade da matéria-prima ou falhas no processo produtivo.

Essas análises demonstram a importância da fiscalização e da padronização na produção e rotulagem de suplementos alimentares. A divergência entre as informações declaradas nos rótulos e os resultados laboratoriais reforça a necessidade de maior rigor por parte dos fabricantes e da vigilância sanitária, a fim de garantir a segurança do consumidor e a eficácia do produto.

Além disso, torna-se evidente a relevância da *Spirulina platensis* como um suplemento nutricional de alto valor proteico, mas também da responsabilidade das empresas em garantir a conformidade técnica e legal dos produtos. Recomenda-se, como complemento à rotulagem obrigatória, a inclusão de informações adicionais como método de conservação, peso por cápsula, canal de atendimento ao consumidor, e maior clareza nas alegações nutricionais – contribuindo para uma comunicação mais transparente e segura com o consumidor.

## 6 REFERÊNCIAS

**ABDEL-MONEIM, A. M. E. et al.** Antioxidant and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extracts and biogenic selenium nanoparticles against selected pathogenic bacteria and fungi. *Scientific Reports*, [s. l.], v. 12, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-26238-3>  
Acesso em: 15 abr. 2025.

**AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA).** Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071396>. Acesso em: 15 fev. 2025.

**AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA).** Resolução RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos para suplementos alimentares. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 jul. 2018. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0243\\_26\\_07\\_2018.pdf?utm](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0243_26_07_2018.pdf?utm). Acesso em: 15 fev. 2025.

**ANVISA.** Resolução RDC nº 429/2020: Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Brasília: ANVISA, 2021.

**AOAC INTERNATIONAL.** *Official methods of analysis*. 20th ed. Maryland, 2016.

**AREVALO, Rafael de Carvalho; SANCHES, Fabiane La Flor Ziegler.** Avaliação de rótulos de suplementos alimentares frente à legislação brasileira vigente. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 25, e2021120, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/XnvsZpFRFWpwGJLgHxsq79j/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 fev. 2025.

**ATIK, I. et al.** *Spirulina platensis* biomass enhances the proliferation rate of *Lactobacillus acidophilus* 5 (La-5) and combined with La-5 impact the gut microbiota of medium-age healthy individuals through an in vitro gut microbiome model. *LWT – Food Science and Technology*, [s. l.], v. 147, 111620, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821001131>  
Acesso em: 15 abr. 2025.

**BECKER, E. W.** *Microalgae: biotechnology and microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

**BECKER, W.** Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, v. 25, n. 2, p. 207-210, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975010000657>. Acesso em: 10 mar.2025.

**BRASIL.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Regulamentos técnicos sobre alimentos e suplementos. Brasília, 2022. Disponível em: [inserir link]. Acesso em: 10 mar.2025.

**BRASIL.** Ministério da Agricultura. *Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Suplementos Alimentares*. Brasília, 2019.

**BRASIL.** Ministério da Agricultura. *Manual de Métodos Analíticos para Alimentos*. Brasília, 2019.

**BRASIL.** Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). *Estratégias para o desenvolvimento de biocombustíveis no Brasil*. Brasília, 2022. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Ciencia-Tecnologia-e-Inovacao-Para-Energias-Renovaveis-e-Biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 10 mar.2025.

**COSTA, J. A. et al.** Cultivo de microalgas: técnicas e aplicações. São Paulo: Editora Biotec, 2019.

**FREITAS, A. C.; SOUZA, M. L.** Liofilização de alimentos: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: Editora NutriTech, 2021.

**GUIMARÃES, T. S.; SILVA, R. P.** Cianobactérias: aspectos morfológicos e fisiológicos. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 18, n. 4, p. 33-42, 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologia/aspectos-morfológicos>. Acesso em: 16 abr. 2025.

**HENRIQUES, M. et al.** Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). *Nutrición Hospitalaria*, v. 32, n. 1, p. 34-40, 2015. Disponível em: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n1/06revision04.pdf>. Acesso em: 11 mar.2025.

**HENRIQUES, M. et al.** Spirulina: advances in cultivation and impacts on nutrition and health. *Algal Research*, v. 50, p. 102005, 2020.

**IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ.** *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1, 4. ed. São Paulo, 2008.

**KARKOS, P. D. et al.** Spirulina in clinical practice: evidence-based human applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2011, p. 1-4, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3136577/>. Acesso em: 10 mar.2025.

**LIÉVIN-LE MOAL, V.;** **SERVIN, A. L.** The front line of enteric host defense against unwelcome intrusion of harmful microorganisms: mucins, antimicrobial peptides, and microbiota. *Clinical Microbiology Reviews*, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 315–338, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3993094/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

**LOURENÇO, S. O. et al.** A dual role for nitrogen in the marine microalga *Skeletonema costatum*: growth and intracellular content. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 310, n. 2, p. 185–197, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.04.008>.

**MARTINS, R. P. et al.** Técnicas avançadas de secagem para microalgas. *Revista de Tecnologia Alimentar*, v. 15, n. 2, p. 112-125, 2022.

**MOURA, A. C. C. et al.** Cianobactérias: diversidade, metabolismo e potenciais aplicações. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 145-160, 2020. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ActaBiologica/article/view/105437>. Acesso em: 16 abr. 2025.

**MORAES, L. et al.** Potencial antioxidante e anti-inflamatório da ficocianina extraída de *Spirulina platensis*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 31, n. 2, p. 123-130, 2021.

**MORAES, L. et al.** Produção de biodiesel a partir de lipídios extraídos de *Spirulina platensis*. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 9, n. 2, p. 123-130, 2020.

**OLIVEIRA, C. et al.** Efeitos imunomoduladores da *Spirulina platensis* em modelos experimentais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 40, n. 3, p. 456-463, 2020.

**OLIVEIRA, M. M. A. et al.** Potencial biotecnológico das cianobactérias: uma revisão sobre suas aplicações em diferentes setores. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, v. 14, n. 2, p. 88–97, 2023. Disponível em: <https://revista.alimentos.org.br/RBPA/article/view/654>. Acesso em: 16 abr. 2025.

**OLIVEIRA, C. et al.** Potencial da *Spirulina platensis* para produção de bioetanol e biohidrogênio. *Revista de Biotecnologia Aplicada*, v. 14, n. 3, p. 45-52, 2019.

**PARANJPE, M. et al.** Efficacy of Spirulina in improving glycemic control and lipid profile in type 2 diabetes mellitus patients: a randomized control trial. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, v. 7, n. 12, [s.p.], 2013. Disponível em:

[https://www.jcdr.net/article\\_fulltext.asp?issn=0973709x&year=2013&volume=7&issue=12&page=2883&issn=0973-709x&id=3875](https://www.jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973709x&year=2013&volume=7&issue=12&page=2883&issn=0973-709x&id=3875). Acesso em: 01 abr. 2025.

**PEREIRA, L. M. et al.** Tecnologias aplicadas ao cultivo de *Spirulina*. *Revista de Biotecnologia*, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2018.

**RASTMANESH, R.** High-protein diets and reduced kidney function in humans: fact or fiction? *Nutrition & Metabolism*, v. 8, n. 1, p. 8, 2011. Disponível em: <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-7075-8-8>. Acesso em: 15 de mar. 2025.

**RIBEIRO, M. F.** Fatores ambientais no cultivo de microalgas. Curitiba: Editora Sustentável, 2021.

**RICHMOND, A.** *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford: Blackwell Science, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470995280>. Acesso em: 1 mar.2025.

**ROMAY, C. et al.** C-Phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Current Protein & Peptide Science*, v. 4, n. 3, p. 207-216, 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12769719/>. Acesso em: 10 mar.2025.

**SANTOS, L. V.; MARTINS, P. R.** Ecologia e aplicações das cianobactérias no contexto atual da biotecnologia. *Revista Interfaces da Saúde*, v. 8, n. 2, p. 121–130, 2021. Disponível em: <https://revistainterfaces.saude.sp.gov.br/article/view/87>. Acesso em: 19 abr. 2025.

**SANTOS, R. et al.** Aplicações da *Spirulina platensis* na produção de biocombustíveis: uma revisão. *Revista de Energias Sustentáveis*, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2021.

**SCENCEDIRECT.** *Arthrospira platensis*. [s.l.]: ScienceDirect, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/arthrospira-platensis>. Acesso em: 3 mar. 2025.

**SILVA, A. F. et al.** Cianotoxinas em ambientes aquáticos: implicações para a saúde pública e estratégias de monitoramento. *Revista de Saúde e Meio Ambiente*, v. 11, n. 1, p. 55–64, 2022. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/saudeemeioambiente/article/view/789>. Acesso em: 16 abr. 2025.

**SILVA, R. C.; OLIVEIRA, T. G.** Produção e processamento de *Spirulina platensis*. Belo Horizonte: Editora AlgaeTech, 2020.

**TORRES-DURÁN, P. V. et al.** Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina maxima* in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids in Health and Disease*, v. 6, n. 1, p. 33, 2007. Disponível em: <https://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-511X-6-33>. Acesso em: 01 abr. 2025.

**VONSHAK, A.** *Spirulina platensis (Arthrospira): physiology, cell-biology and biotechnology*. Boca Raton: CRC Press, 1997.