

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica

***SPIRULINA COMO TENDÊNCIA NO BRASIL E NO MUNDO: DA
NUTRIÇÃO À TERAPÊUTICA***

Matheus Sereno Teixeira

Trabalho de Conclusão do Curso de
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de
Ciências Farmacêuticas da Universidade de
São Paulo

Orientador: Dr. Samuel Cavalcante do
Amaral

São Paulo

2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade de ter ingressado no curso de Farmácia-Bioquímica na FCF-USP e ter permitido a conclusão deste trabalho.

A minha mãe, Elaine, que com seu amor incondicional contribuiu imensamente durante todos estes anos de graduação e de vida.

Aos meus tios, Vera e Jacinto e minha prima Rosângela pelas constantes torcidas e lembranças.

Ao meu professor número um, meu querido pai, Eduardo, que me acompanhou em todos os momentos acadêmicos.

E a todos os professores e profissionais da educação com quem tive o prazer de aprender desde os da pré-escola até os de graduação.

Aos meus amigos e colegas que conheci durante o curso com quem vivenciei aventuras e risadas e para aqueles que já havia conhecido antes como a minha amiga Vivian a qual pude compartilhar várias trocas de experiências agradáveis e alegres durante o período da graduação.

Ao meu orientador Samuel por todas as conversas, contribuições, confiança e incentivos visando à realização deste trabalho.

E, por fim, a todos aqueles que auxiliaram de alguma forma para que eu pudesse ter chegado até aqui e concluído este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Cianobactérias.....	9
1.2 <i>Spirulina</i> (Aspectos gerais).....	9
1.3 Aplicações Biotecnológicas da <i>Spirulina</i>.....	10
1.3.1 Cosméticos.....	10
1.3.2 Alimentos.....	11
1.3.3 Saúde.....	11
1.3.4 Meio ambiente.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 METODOLOGIA.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1 Patentes - INPI.....	15
4.1.1 Patentes no Brasil e conceitos.....	15
4.1.2 Resultados obtidos no geral.....	16
4.1.3 Titularidade das patentes.....	16
4.1.4 Período de depósito das patentes.....	18
4.1.5 Conteúdo das patentes.....	19
4.1.6 Alimento funcional, nutracêutico e suplemento alimentar.....	20
4.2 Estudos clínicos.....	23
4.2.1 Panorama geral.....	23
4.2.2 Situação do estudo clínico.....	23
4.2.3 Tipo do estudo clínico.....	24
4.2.4 Localização dos estudo clínicos.....	25
4.2.5 Ano de início do estudo clínico.....	26
4.2.6 Condições estudadas pelos estudos clínicos.....	27
4.2.7 Função da <i>Spirulina</i> nos estudos clínicos.....	29
4.3 Análise cienciométrica obtida no Web of Science.....	30
4.3.1 Países com maior número de artigos publicados.....	30
4.3.2 Anos de publicação no mundo.....	31
4.3.3 Dez áreas de pesquisa com mais publicações no mundo.....	32
4.3.4 Situação brasileira.....	33
4.4 Diferenças entre os nomes <i>Spirulina</i> e <i>Arthrospira</i>.....	35
4.5 Percepção da população acerca da <i>Spirulina</i>.....	36
5 CONCLUSÃO.....	37

6 REFERÊNCIAS.....	38
---------------------------	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CUP - Convenção da União de Paris
DCNT - Doenças Crônicas não Transmissíveis
EPINET - Exclusão de Produtos Irregulares na Internet
FAO – *Food and Agriculture Organization of United Nations*
FDA - *Food and Drug Administration*
INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial
NASA - *National Aeronautics and Space Administration*
NIH - *National Library of Medicine*
OMS - Organização Mundial da Saúde
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RDC - Resolução da Diretoria Colegiada
UE - União Europeia
UV - Radiação Ultravioleta

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Divisão considerando quem são os titulares pelas patentes.....	15
Gráfico 2 - Localização dos responsáveis pelos registros das patentes.....	17
Gráfico 3 - Divisão das patentes considerando seus anos de depósito.....	18
Gráfico 4 - Divisão pelos assuntos das patentes.....	18
Figura 1 - Diagrama de Venn dividido em alimentos funcionais, suplementos alimentares e nutracêuticos.....	20
Gráfico 5 - Divisão por situação do estudo clínico.....	23
Gráfico 6 - Divisão em porcentagem levando-se em consideração o tipo de estudo clínico.....	24
Gráfico 7 - Localização dos estudos clínicos publicados por países.....	25
Gráfico 8 - Localização dos estudos clínicos publicados por continentes.....	25
Gráfico 9 - Divisão por anos de início dos estudos clínicos.....	26
Gráfico 10 - Divisão por condições estudadas dos estudos clínicos.....	28
Gráfico 11 - Divisão pela função da Spirulina nos estudos clínicos.....	29
Gráfico 12 - Dez países com mais publicações na base de dados Web of Science..	30
Gráfico 13 - Artigos encontrados no período de janeiro de 2015 a maio de 2025 separados pelos anos em foram publicados.....	31
Gráfico 14 - Dez áreas de pesquisa com mais publicações na base de dados Web of	

Science.....	32
Gráfico 15 - Artigos brasileiros encontrados no período de janeiro de 2015 a maior de 2025 separados pelos anos em foram publicados.....	33
Gráfico 16 - Dez áreas de pesquisa com mais publicações brasileiras na base de dados Web of Science.....	34

RESUMO

TEIXEIRA, M.S. *Spirulina como tendência no Brasil e no mundo: da nutrição à terapêutica.* 2025. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

Palavras-chave: *Spirulina*, patentes, estudos clínicos.

INTRODUÇÃO: As cianobactérias têm despertado grande interesse da comunidade científica devido a sua capacidade de fornecer moléculas bioativas e únicas que têm inspirado a produção de fármacos. Alguns gêneros de cianobactérias têm se destacado pela sua versatilidade de funções, podendo ser aplicado em diferentes setores industriais como na produção de energia, bioplástico e cosméticos. Nesse contexto, a *Spirulina* é vista como uma das cianobactérias de maior destaque. Apesar do uso milenar, ainda há um grande desconhecimento do seu potencial por parte da comunidade médica e científica. **OBJETIVO:** Desse modo, o presente trabalho tem como proposta investigar o principal emprego dessa cianobactéria não apenas como uma fonte alimentar, mas também como um provável adjuvante no tratamento de patologias e na melhoria da qualidade de vida do ser humano.

METODOLOGIA: Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada uma busca por artigos científicos publicados nos últimos dez anos (janeiro de 2015 a maio de 2025) na base de dados Web of Science. Patentes foram também consultadas com o intuito de avaliar as principais tecnologias desenvolvidas utilizando biomassa ou componentes da *Spirulina*. Descoberta de novos tratamentos para doenças ou formas de detecção foram também contempladas por meio da plataforma Clinical Trials.gov. Além da busca por legislações e definições no portal AnvisaLegis e no site da FDA. **RESULTADOS:** Considerando os últimos dez anos (2015-2025) e realizando-se a busca pelas palavras-chaves *Spirulina* e *Arthrospira*, foi possível obter no site do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), 39 patentes, além de 64 estudos clínicos ao se fazer a procura na plataforma ClinicalTrials.gov do NIH. Bem como, obteve-se na base de dados Web of Science quantitativamente cerca de 6.049 artigos publicados mundialmente, sendo 513 associados ao Brasil.

CONCLUSÃO: Percebe-se que o mundo tem investido recursos em pesquisas a fim de elucidar o papel da *Spirulina* na melhoria da qualidade de vida humana e no desenvolvimento de produtos com essa cianobactéria. Contudo, mesmo que haja no Brasil, Autoridades Sanitárias como a Anvisa, nota-se que ainda existem desafios e desconhecimentos a respeito do uso da *Spirulina* para a população brasileira.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Cyanobacteria have attracted great interest from the scientific community due to their ability to provide unique bioactive molecules that have inspired the development of pharmaceuticals. Some genera of cyanobacteria have stood out for their versatility and range of functions, with potential applications in various industrial sectors such as energy production, bioplastics, and cosmetics. In this context, *Spirulina* is regarded as one of the most prominent cyanobacteria. Despite its use dating back thousands of years, its potential remains largely unknown to the medical and scientific communities. **OBJECTIVE:** Thus, this study aims to investigate the main uses of this cyanobacterium not only as a food source but also as a potential adjuvant in the treatment of diseases and in improving human quality of life. **METHODOLOGY:** For the development of this work, a search for scientific articles published in the last ten years (from January 2015 to May 2025) was conducted using the Web of Science database. Patents were also reviewed in order to assess the main technologies developed using *Spirulina* biomass or its components. The discovery of new treatments for diseases or detection methods was also explored through the ClinicalTrials.gov platform. Additionally, searches were conducted for regulations and definitions on the AnvisaLegis portal and the FDA website. **RESULTS:** Considering the last ten years (2015–2025) and using the keywords *Spirulina* and *Arthrospira*, a search on the INPI (National Institute of Industrial Property) website yielded 39 patents. Additionally, 65 clinical studies were identified on the NIH ClinicalTrials.gov platform. Furthermore, the Web of Science database showed approximately 6,049 articles published globally, with 513 associated with Brazil. **CONCLUSION:** It is evident that significant global investments have been made in research to elucidate the role of *Spirulina* in improving human quality of life and in the development of products based on this cyanobacterium. However, despite the presence of health authorities such as Anvisa in Brazil, there are still challenges and a lack of awareness regarding the use of *Spirulina* among the Brazilian population.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cianobactérias

As cianobactérias, também conhecidas como algas azul-esverdeadas pertencem ao domínio das bactérias, porém, diferentes dos demais filos, elas são capazes de realizar fotossíntese, auxiliando na fixação do dióxido de carbono atmosférico em carbono orgânico, imprescindível para a vida humana na Terra (Lafarga *et al.*, 2020). Estes seres vivos possuem por volta de 3500 milhões de anos de existência (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022), sendo considerados os primeiros fototróficos produtores de oxigênio e, ao longo desse período, foram responsáveis pela transformação de uma atmosfera anóxica em uma óxica tal qual a presente hoje (Madigan; Al, 2016). Além disso, alguns desses microrganismos têm a capacidade de fixar nitrogênio por meio da ação da enzima nitrogenase (Madigan; Al, 2016).

Dessa forma, o filo Cyanobacteria é composto por um extenso grupo morfológicamente e ecologicamente heterogêneo (Madigan; Al, 2016) com cerca de 8 mil espécies (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022). As cianobactérias podem se apresentar de maneira filamentosa unicelular, multicelular e em colônias com suas células variando de 1 µm de diâmetro até 100 µm (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022). Bem como, elas podem habitar os mais diversos locais, desde ambientes marinhos com água doce e hipersalinos até ecossistemas terrestres (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022). As principais ordens de cianobactérias são: *Chroococcales*, *Gloeobacterales*, *Nostocales*, *Oscillatoriiales*, *Pleurocapsales*, *Spirulinales* e *Synechococcales* (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022).

1.2 *Spirulina* (Aspectos gerais)

A *Spirulina* é considerada o gênero de cianobactéria mais conhecido, sendo uma denominação comercial utilizada a fim de se referir principalmente a duas espécies de cianobactérias: *Arthrospira platensis* e *Arthrospira maxima* (Fernandes *et al.*, 2023). Suas células possuem formato de espirilos que têm a forma de bastonetes helicoidais, comumente móveis via flagelos polares e que se dividem por fissão binária (Madigan; Al, 2016).

A *Spirulina* é principalmente encontrada em áreas aquáticas alcalinas salinas em regiões tropicais e subtropicais na América do Sul e Central, África e Ásia (Fernandes et al., 2023). Todavia, a cianobactéria é considerada como tendo um cultivo fácil, econômico e altamente sustentável, inclusive com a possibilidade de crescimento em biorreatores. Isso porque a *Spirulina* pode se adaptar a diferentes ambientes como de alta temperatura, luminosidade, e pH (Costa et al., 2019), assim como em condições heterotróficas ou mixotróficas (Fernandes et al., 2023). Logo, há um menor risco de contaminação por outros microrganismos, não há necessidade de se utilizar herbicidas ou pesticidas, além do fato de após o cultivo, a cianobactéria ser utilizada em sua totalidade, em vez de frutas e vegetais que, por vezes, suas raízes, caules e folhas se tornam subprodutos (Ragusa et al., 2021).

1.3 Aplicações Biotecnológicas da *Spirulina*

1.3.1 Cosméticos

Atualmente, cosméticos que derivam de fontes naturais e sustentáveis vêm ganhando destaque (Morone et al., 2022). Nesse sentido, cianobactérias vêm sendo estudadas, visto que por desenvolverem um metabolismo secundário considerável, graças a sua adaptabilidade aos mais diversificados ambientes, possuem vários metabólitos de interesse que podem substituir ingredientes sintéticos em formulações para cuidados na pele (Morone et al., 2022).

Em relação a *Spirulina*, até o momento, poucos estudos analisaram os benefícios desta cianobactéria na pele humana (Ragusa et al., 2021). Contudo, os cosméticos desenvolvidos a partir da *Spirulina* possuem atividade anti-envelhecimento, contemplando propriedades hidratantes, clareadoras e antioxidantes, além de ações antiacne e cicatrizante (Ragusa et al., 2021). Polissacarídeos encontrados em extratos de *Spirulina*, por exemplo, foram associados ao estímulo da divisão celular, contribuindo para o processo de queratinização e renovação do estrato córneo (Ragusa et al., 2021). A ficocianina, pigmento fotossintético observado na *Spirulina*, por sua vez, teria função não apenas como corante natural, mas também como agente antioxidante ligada à proteção contra radiação ultravioleta (UV) (Ragusa et al., 2021).

1.3.2 Alimentos

Encontram-se relatos, na antiguidade, do consumo de *Spirulina* como parte da dieta de indivíduos que vão desde comunidades na África durante séculos até sua colheita em meados do século XVI no Lago de Texcoco e consumida em mercados locais pelos astecas no México (Lafarga *et al.*, 2020). Dessa forma, mais recentemente, a cianobactéria é vista como uma inovação e tendência, classificada como Geralmente Reconhecida como Segura pela *Food and Drug Administration* (FDA) e, portanto, teve sua utilização autorizada como alimento e suplemento alimentar, além de em virtude do seu longo histórico de uso, também poder ser comercializada na União Europeia (UE) sem a necessidade de cumprir a Legislação 2015/2283 relativa a novos alimentos (Lafarga *et al.*, 2020) que estabelece regras para a colocação destes nos mercados internos da UE, visando, entre outras metas, estabelecer a segurança dos consumidores (UE, 2015).

Hoje, sabe-se que *Spirulina* é conhecida não apenas por seu conteúdo proteico, mas também pela presença de vitaminas, minerais, ácidos graxos e pigmentos como a clorofila a e ficobiliproteínas (a exemplo da ficocianina e β -caroteno) (Gogna *et al.*, 2022). Ademais, uma grande parte da biomassa de *Spirulina* é comercializada como nutracêutico/suplemento alimentar na forma de flocos, cápsulas e pó, o qual pode ser adicionada a iogurtes, sucos e outras preparações (Ferro; Groothuis, 2023); bem como, a cianobactéria pode ser incorporada a produtos alimentícios como: iaticínios, biscoitos, massas, entre outros (Alfadhlly *et al.*, 2022). Considerando esse potencial nutritivo e de fornecer compostos bioativos da *Spirulina*, agências espaciais como a NASA vêm estudando e até mesmo utilizando a *Spirulina* como alimento e suplemento alimentar para astronautas devido ao estresse oxidativo e dieta pobre em nutrientes a que, muitas vezes, eles são submetidos (FAIS *et al.*, 2022).

1.3.3 Saúde

As cianobactérias dispõem de uma capacidade de produzir compostos bioativos tanto pelo seu metabolismo primário ligado à geração de lipídios e substâncias antioxidantes, quanto pelo seu metabolismo secundário relacionado a formação de compostos mais específicos que podem variar entre espécies e

condições ambientais ao qual o ser vivo é exposto (Jacob-Lopes; Queiroz Zepka; Queiroz, 2018). Dessa forma, estudos recentes vêm vinculando as cianobactérias ao tratamento de patologias como: câncer, diabetes, doenças cardiovasculares, autoimunes, demência e Alzheimer (Gogna *et al.*, 2022), além de uma fonte de bioprospecção para novos antibióticos (Jacob-Lopes; Queiroz Zepka; Queiroz, 2018).

A ficocianina, pigmento fotossintético produzido, em particular, pela *Spirulina* seria um exemplo de composto de interesse para o campo da saúde (Fernandes *et al.*, 2023). Tal substância vem sendo pesquisada por suas possíveis aplicações em imunoensaios devido a suas propriedades ligadas à fluorescência e também pelo seu potencial anti-inflamatório, anticâncer e hepatoprotetor (Hsieh-Lo *et al.*, 2019).

1.3.4 Meio ambiente

Em virtude de cianobactérias serem organismos fotossintéticos isso lhes confere a capacidade de converter gás carbônico em biomassa, carboidratos, ácidos graxos e álcoois, os quais podem ser utilizados como fontes para a produção de biocombustíveis (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022). Além disso, as cianobactérias podem exercer um papel de biorremediadoras, contribuindo para a eliminação de resíduos tóxicos de solos, água e sedimentos (Mehdizadeh Allaf; Peerhossaini, 2022).

A *Spirulina*, por sua vez, pode auxiliar no combate à poluição ambiental por meio do auxílio a estudos que visam compreender de que maneira ocorrem os mecanismos de bioassorção e bioacumulação de metais e outros poluentes (Cepoi; Zinicovscaia, 2020). Isso porque a cianobactéria em questão apresenta a capacidade de bioassorver e bioacumular íons metálicos, incluindo as formas radioativas (Cepoi; Zinicovscaia, 2020). Bem como, a *Spirulina* é alvo de estudos como matéria-prima para a produção de materiais de embalagens multifuncionais (a exemplo das utilizadas em alimentos) graças à variedade de componentes que constituem sua estrutura. (Nakamoto *et al.*, 2023).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo traçar um panorama do uso geral da Spirulina no mundo, especialmente no Brasil, através de uma revisão na literatura focada não apenas na sua utilização como uma fonte alimentar, mas também como um provável coadjuvante no tratamento de patologias e na melhoria da qualidade de vida do ser humano, com destaque para o seu uso como alimento funcional, suplemento alimentar e nutracêutico.

2.2 Objetivos Específicos

- A. Analisar a tendência do uso da *Spirulina* ao redor do mundo, dando um maior enfoque no território nacional, por meio da revisão e consulta em artigos científicos e banco de patentes;
- B. Investigar como a *Spirulina* pode auxiliar na terapêutica de doenças com o auxílio de estudos clínicos reportados na plataforma *ClinicalTrials.gov* do NIH;
- C. Entender de que maneira a *Spirulina* pode contribuir como alimento funcional, nutracêutico e suplemento alimentar. Dentro deste contexto, esclarecer a diferença entre alimento funcional, nutracêutico e suplemento alimentar mediante definições e exemplos;
- D. Examinar de que maneira se garante a qualidade dos produtos contendo *Spirulina*, procurando-se entender de que maneira o Brasil fiscaliza esse setor.

3 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema “*Spirulina* como tendência no Brasil e no mundo: da nutrição à terapêutica” utilizando a base de dados Web of Science, a base de patentes do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Nacional), base de estudos clínicos do NIH (*National Library of Medicine*) e legislações brasileiras publicadas pela ANVISA.

Em relação à base de dados Web of Science, a busca foi realizada pela palavra-chave *Spirulina*, delimitando o período para os últimos dez anos (janeiro de 2015 a maio de 2025). Ainda, utilizou-se a ferramenta de busca avançada do Web of

Science, sendo possível obter dados e gráficos de mapa de árvores do Brasil e do mundo acerca de diferentes categorias como as utilizadas para o trabalho: países, anos de publicação e áreas pesquisadas.

Em relação à pesquisa na base de patentes, a busca foi realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) de maneira anônima visto que o intuito foi obter dados gerais sobre as patentes que envolvem *Spirulina* no Brasil. Para isso, a busca foi gerada a partir do campo pesquisa básica pelas palavras chaves: *Spirulina* e *Arthrospira* no título e no resumo para que se pudesse ter uma abrangência mais ampla nos resultados. Bem como, fez-se a busca utilizando-se a opção: “a palavra aproximada” com o intuito de se obter o maior número de patentes registradas possíveis, visto que nesta opção é possível encontrar variações e termos aproximados às palavras-chaves como *Espirulina*. Assim, analisou-se a página, o resumo e a descrição disponível no site do INPI para cada patente. Dessa forma, criou-se gráficos e um diagrama de Venn desenvolvidos no Excel que analisassem as seguintes informações sobre as patentes em cinco categorias: titular das patentes, isto é, a instituição responsável pela criação das patentes (universidade pública, privada, empresa, vinculada a pessoas, entre outros); qual a origem do titular da patente, podendo ser uma região do Brasil ou uma patente oriunda de outro país; o ano de depósito da patente; o assunto da patente dividido nas categorias de alimentação humana, animal, processos de melhor obtenção da *Spirulina* ou de um de seus compostos, cosméticos, meio ambiente e outras aplicações; e sendo a patente relacionada à alimentação, se ela estaria mais ligada ao termo alimento funcional, nutracêutico ou suplemento alimentar.

Quanto aos estudos clínicos da base do NIH, a busca foi guiada pelas palavras-chave *Spirulina* e *Arthrospira* e os estudos selecionados estiveram dentro do período mencionado dos últimos dez anos (de janeiro de 2015 a maio de 2025). Desse modo, foram feitos gráficos pelo Excel para seis categorias de estudos clínicos: situação, localização, tipo (intervencional ou observacional), ano de início, função da *Spirulina* como intervenção nos estudos e condição de estudo clínico.

As legislações brasileiras elaboradas pela ANVISA foram obtidas por meio do portal AnvisaLegis buscando-se por exemplo pelas palavras chaves como: suplemento alimentar e alimento funcional. Bem como, procurou-se por definições no site da FDA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Patentes - INPI

4.1.1 Patentes no Brasil e conceitos

Patente é um título de propriedade temporária referente a uma invenção ou modelo de utilidade, concedido pelo Estado aos inventores ou pessoas físicas e jurídicas detentoras de direitos sobre a criação (Brasil, 2020). Logo, trata-se de um reconhecimento administrativo que premia o inventor pelos anos de pesquisa e pelo mérito de desenvolver algo inédito (Rainatto, *et al.*, 2022). O registro da patente garante ao inventor segurança jurídica nas negociações com possíveis interessados na tecnologia, favorecendo sua ampla difusão no mercado (Rainatto, *et al.*, 2022). Um dos requisitos do processo de patenteamento é a obrigatoriedade de divulgação dos detalhes técnicos da invenção, de modo que um profissional da área seja capaz de reproduzi-la mesmo sem ter acesso direto ao produto original (Rainatto, *et al.*, 2022). São consideradas fontes de pesquisa extremamente completas, pois reúnem dados tecnológicos que geralmente não estão disponíveis em outros tipos de documentos (Rainatto, *et al.*, 2022). Através delas, é possível obter informações sobre atividades inventivas, o conteúdo técnico das invenções, sua distribuição geográfica, a mobilidade e as conexões entre inventores, bem como acompanhar a propagação do conhecimento (Vasconcelos; Lima; Santos, 2024).

Bases de dados são conjuntos que armazenam grandes quantidades de informação, estruturadas de forma organizada possibilitando a consulta rápida e facilitada a diversos documentos (Domeneghini, 2022). No caso específico das bases de patentes, tratam-se de sistemas que são capazes de disponibilizar, de forma online, o acervo de documentos relacionados a patentes, facilitando a pesquisa nessas fontes (Brasil, 2015). Há diversas bases de patentes de acesso gratuito disponíveis, sendo que, no Brasil, esse serviço é oferecido pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil, 2015).

4.1.2 Resultados obtidos no geral

Como resultado obtido a partir da busca pelas patentes no INPI, foi possível obter 39 registros de patentes ligados às palavras *Spirulina* e *Arthrospira* entre janeiro de 2015 e maio de 2025.

4.1.3 Titularidade das patentes

Em relação à titularidade das patentes, as universidades públicas foram predominantes nesse sentido, sendo responsáveis por mais da metade das patentes criadas e depositadas, 24 no total; seguidas das patentes vinculadas a iniciativas privadas (empresas) que tiveram sete representantes, aquelas ligadas pessoas com quatro, as universidades privadas com duas e a parceria entre universidade pública e privada, além da parceria entre universidade pública e iniciativa privada ambas com uma patente registrada refletindo aproximadamente 3% das contribuições (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Divisão considerando quem são os titulares pelas patentes



Fonte: própria (2025)

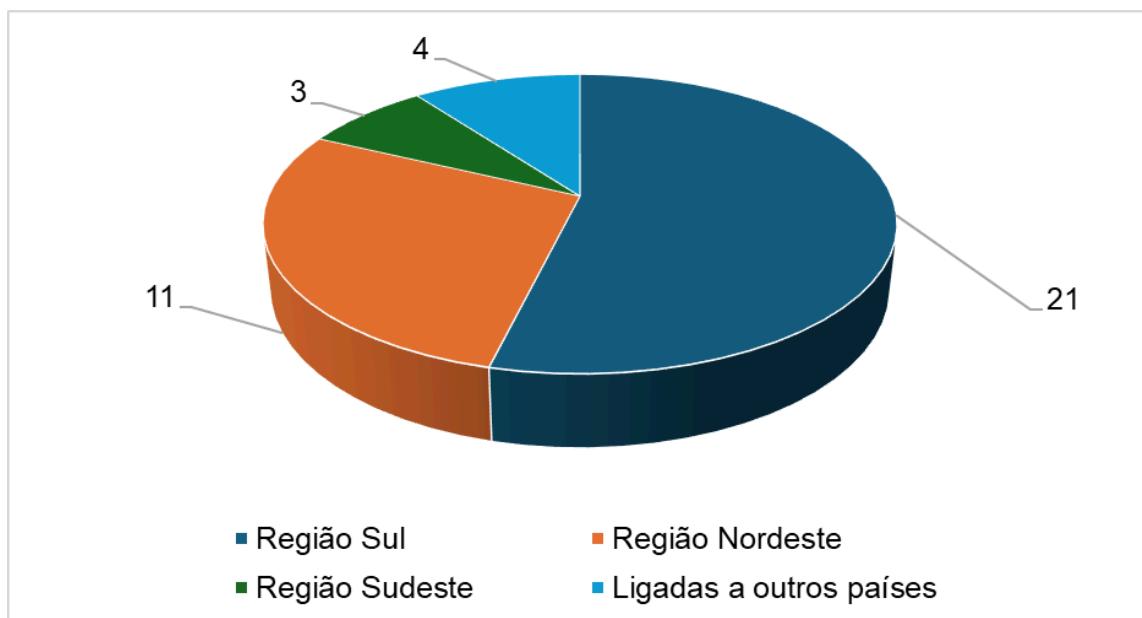
O gráfico quantifica as patentes encontradas, dividindo-as conforme seus titulares. Feito no Excel.

Assim, viu-se que as patentes constituem um dos instrumentos mais importantes para a divulgação das tecnologias desenvolvidas no âmbito universitário (Vasconcelos; Lima; Santos, 2024). As universidades públicas brasileiras são as principais responsáveis pela realização de pesquisas tecnológicas no país. De acordo com o ranking de 2021 do INPI, entre os 50 maiores depositantes de patentes residentes no Brasil, 30 são universidades federais, universidades estaduais ou institutos federais (Brasil, 2023). Ainda, segundo dados do INPI, as instituições federais lideram o ranking de solicitações de propriedade intelectual no Brasil, sendo responsáveis por 76% dos registros, superando as empresas privadas (Brasil, 2023). Logo, percebe-se a relevância das universidades não apenas para o avanço tecnológico, mas também para o desenvolvimento social e econômico do país (Vasconcelos; Lima; Santos, 2024).

Outro foco de interesse foi nos locais responsáveis pelos depósitos de patentes no INPI. Para tanto, a consulta baseou-se na divisão das regiões do território brasileiro e considerou patentes que tiveram origem em outros países. No que se refere a outros países, houve quatro contribuições para o INPI. Dessa forma, existe o princípio da prioridade unionista no qual estabelece que o primeiro pedido de patente ou de desenho industrial depositado em um dos países membros da Convenção da União de Paris (CUP) servirá de base para depósitos subsequentes relacionados à mesma matéria, realizados pelo mesmo depositante em outros países membros não excedendo o prazo de 12 meses a partir da data do depósito inicial (INOVA CPS, 2025). O Brasil, por sua vez, é um dos membros da Convenção da União de Paris (CUP), a qual foi criada em 1883 (Brasil, 2021). A região brasileira de maior destaque foi a Sul com 21 das 39 patentes registradas no INPI, ressaltando o estado do Rio Grande do Sul como maior contribuinte com dez patentes registradas. Sabe-se que no Brasil, um dos habitats naturais mais conhecido da *Spirulina* é a Lagoa da Mangueira, localizada próxima à Lagoa dos Patos e ao Oceano Atlântico, na parte sul do Rio Grande do Sul (Silva et al., 2023). Em seguida, apareceu a região Nordeste com 11 patentes, enfatizando a Paraíba como o segundo estado que mais teve suas invenções patenteadas contribuindo com oito patentes. Tem-se que o estado nordestino é um dos locais onde a *Spirulina* é cultivada em larga escala em biorreatores abertos, graças às condições climáticas favoráveis e ao fotoperíodo ideal para o desenvolvimento da cianobactéria (Silva et al., 2023). Fatores como o baixo custo de produção, as altas temperaturas, os

elevados índices de insolação e a presença de águas salinizadas no subsolo contribuem para a viabilidade deste cultivo (Silva *et al.*, 2023). Por fim, a região Sudeste registrou três patentes ao INPI (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Localização dos responsáveis pelos registros das patentes



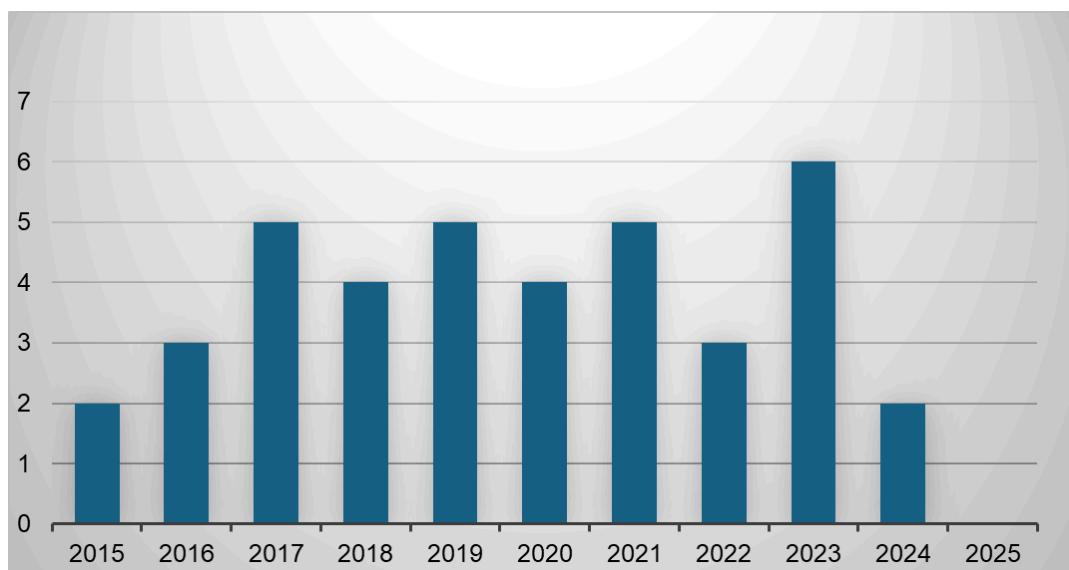
Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica as patentes encontradas, dividindo-as de acordo com sua localização por região do Brasil ou se vieram de outro país. Feito no Excel.

4.1.4 Período de depósito das patentes

Acerca do período em que as patentes foram depositadas (Gráfico 3), constatou-se uma distribuição equilibrada nos últimos dez anos (2015-2025) com o ano de 2023 sendo responsável por seis patentes registradas e nenhuma patente registrada em 2025 até a finalização deste trabalho (maio de 2025).

Gráfico 3 - Divisão das patentes considerando seus anos de depósito



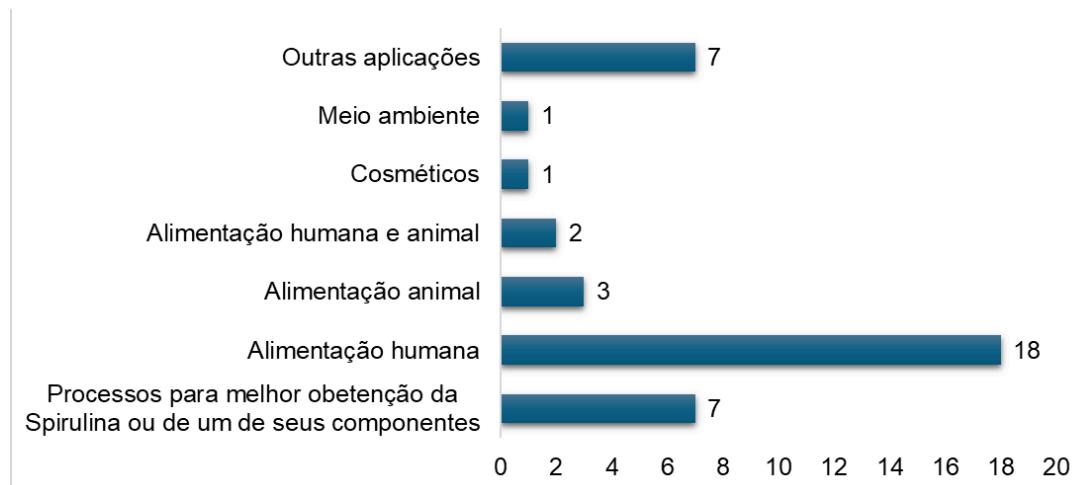
Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica as patentes encontradas, dividindo-as conforme seus anos de depósito. Feito no Excel.

4.1.5 Conteúdo das patentes

Quanto ao conteúdo (assunto) das patentes, o uso da *Spirulina* na alimentação humana foi o predominante (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Divisão pelos assuntos das patentes



Fonte: própria (2025)

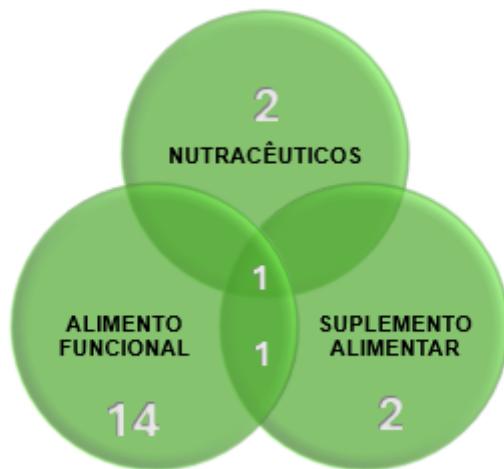
O gráfico quantifica as patentes encontradas, divididas segundo seus assuntos. Feito no Excel.

Na sequência, os assuntos mais evidentes foram sobre processos de melhor obtenção da *Spirulina* ou de um de seus componentes a exemplo da ficocianina, um pigmento proteico acessório de coloração azul (Athiyappan; Routray; Paramasivan, 2024). A categoria outras aplicações, refere-se à utilização da *Spirulina* nas mais diversas estratégias como seu uso para produção de protetor solar de plantas de cultura ou na agricultura, como biofertilizante. Além disso, contempla o seu emprego na fabricação de biojoias, placas de isolamento termo acústico e na composição de um produto para evitar mau hálito em animais (Brasil, 2025). Também foi visto o uso da cianobactéria apenas na alimentação animal totalizando três patentes como no cultivo de peixes, algas e alimento para ruminantes (Brasil, 2025), além da alimentação animal e humana de maneira simultânea totalizando duas patentes. A produção de proteínas de origem animal requer grandes quantidades de insumos e, por isso, em muitos países, é considerada um produto alimentar de alto custo (Altmann; Rosenau, 2022). Recursos alternativos serão fundamentais para garantir o desenvolvimento sustentável dos sistemas de produção de alimentos e suprir a crescente demanda global por proteínas (Altmann; Rosenau, 2022). Nesse contexto, a *Spirulina* surge como uma alternativa de fonte sustentável de proteínas devido a sua composição rica em aminoácidos essenciais (Raczy *et al.*, 2022), além de sua facilidade de cultivo (Soni; Sudhakar; Rana, 2017). Por fim, houve uma patente registrada no campo de cosméticos sobre uma loção capilar e outra no de meio ambiente, o qual contempla uma criação que visa produzir *Spirulina* a partir do processamento das algas cultivadas num sistema e processo de tratamento de resíduos sólidos (Brasil, 2025).

4.1.6 Alimento funcional, nutracêutico e suplemento alimentar

Dentro do ramo alimentício, a análise encontrou 23 patentes, dentre as quais 20 que eram sobre alimentação humana foram organizadas num diagrama de Venn (Figura 1). No diagrama foi feita a divisão em cinco classes diferentes: nutracêuticos, suplemento alimentar, alimento funcional, além das simultaneidades: suplemento alimentar e alimento funcional, e nutracêutico, suplemento alimentar e alimento funcional. Desse modo, a maior parte das patentes, 16 no total, estavam ligadas ao uso da cianobactéria como alimento funcional.

Figura 1 - Diagrama de Venn dividido em alimentos funcionais, suplementos alimentares e nutracêuticos



Fonte: própria (2025)

As intersecções estão representadas por uma cor mais forte e indicam que a patente registrada foi enquadrada tanto em uma categoria quanto em outra. Feito no Excel.

A portaria nº 399/1999 da Anvisa traz a seguinte definição para alegação funcional em um alimento: “é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano” sob evidências científicas. Portanto, os alimentos funcionais podem estar presentes na nossa alimentação diária e além de suas funções nutricionais essenciais podem trazer benefícios à saúde de quem os consome (Brasil, 2015). Exemplos seriam alimentos ricos em ferro, ômega-3, ômega-6, antioxidantes e licopeno que podem auxiliar no tratamento de anemias, prevenção de doenças cardíacas, metabólicas e na prevenção do câncer (Brasil, 2015). Desse modo, as patentes encontradas tinham por finalidade introduzir a *Spirulina* na produção de produtos alimentícios como bolachas, balas de goma, massas, composto lácteo, barra de cereais, pasta de amendoim, bolos, adoçantes, corantes, entre outros; ainda, observou-se a utilização da cianobactéria em associação com outros alimentos funcionais e probióticos que promovem benefícios à saúde humana: kefir e kombucha (Da Anunciação *et al.*, 2024).

Já no que tange aos suplementos alimentares, foram incluídas quatro

patentes nesta categoria (Figura 1) a exemplo da invenção de um filme/revestimento comestível contendo *Spirulina* para conservação pós-colheita de frutos com o intuito de oferecer à população a suplementação de compostos como aminoácidos e antioxidantes (Brasil, 2025). Segundo a RDC n° 243/2018 da Anvisa, a definição de suplemento alimentar seria: “produto para ingestão oral, apresentado em formas farmacêuticas, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados” e, portanto, não é considerado um medicamento.

Nesse sentido, a Anvisa desenvolveu uma ferramenta, com o auxílio de inteligência artificial, denominada Epinet, sigla que significa Exclusão de Produtos Irregulares na Internet, em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) com o objetivo de fiscalizar produtos irregulares comercializados na internet (Anvisa, 2024). Em 2022, após a implementação dessa ferramenta, por exemplo, mais de 85 mil notificações para derrubada de sites foram enviadas, com uma taxa de 98% de sucesso nas solicitações atendidas e segundo dados obtidos em outubro de 2024 o principal grupo com notificações solicitadas era o de suplementos alimentares (Anvisa, 2024).

Na divisão dos nutracêuticos estiveram presentes o registro de três patentes (Figura 1) com o destaque para uma formulação que visa o emagrecimento na qual estão presentes outros componentes além da *Spirulina* como magnésio quelato e L-triptofano (Brasil, 2025). A palavra nutracêutico busca unir as palavras nutriente e farmacêutico, sendo definido como um alimento ou parte dele que acrescenta benefícios à saúde e promove a prevenção ou o tratamento de doenças, administrados em uma forma farmacêutica de doses concentradas (Bisson, 2020). No Brasil, a Anvisa não reconhece o termo “nutracêutico”, (Santos; Albert; Leandro, 2019) e eles são obtidos a partir do alimento, a exemplo do licopeno obtido do tomate, e que se apresenta na forma de cápsula, já o suplemento alimentar é uma mistura de substâncias isoladas que incorporam ao organismo os micronutrientes que estão em deficiência (Bisson, 2020).

4.2 Estudos clínicos

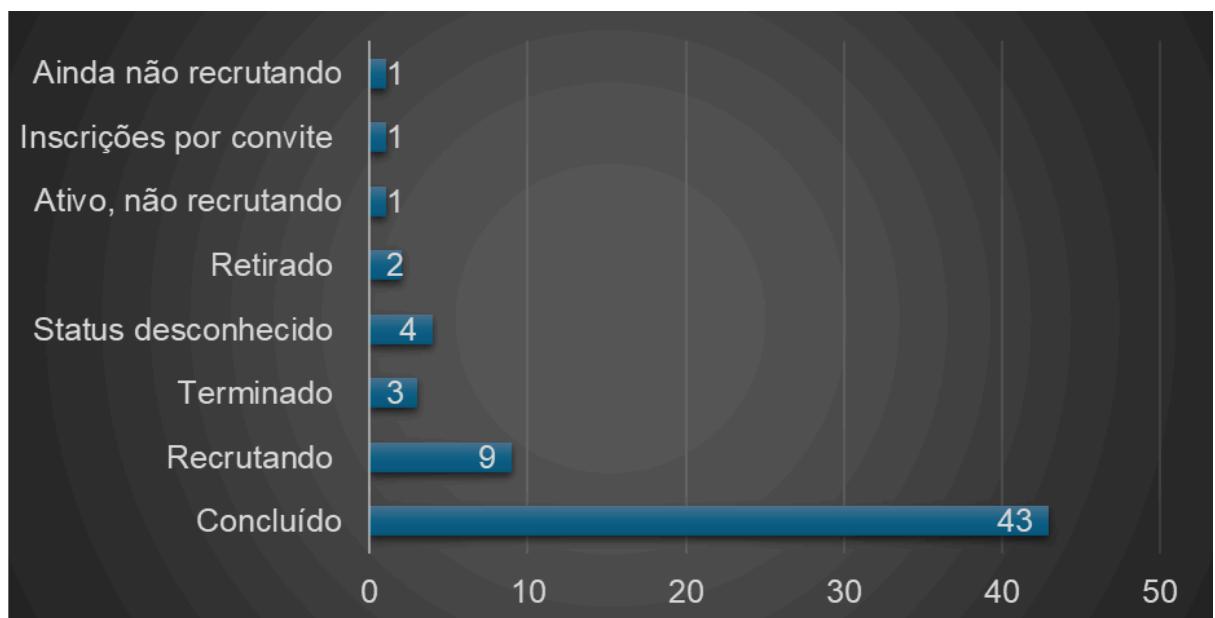
4.2.1 Panorama geral

Descobriu-se 64 estudos na plataforma *ClinicalTrials.gov* do NIH ao ser realizada a busca pelas palavras-chaves *Spirulina* e *Arthrospira* no período de janeiro de 2015 a maio de 2025.

4.2.2 Situação do estudo clínico

Quanto à situação do estudo clínico, a divisão foi criada com base em oito circunstâncias distintas: concluído, recrutando (o estudo está na fase de recrutamento de participantes), terminado (o estudo foi interrompido de maneira antecipada e não começará novamente), desconhecido (estudos cadastrados os quais estão desatualizados há mais de dois anos, mesmo após a data prevista de conclusão), retirado (o estudo foi interrompido antecipadamente antes de inscrever o primeiro participante) ativo e não recrutando (o estudo está em andamento, porém não está recrutando novos participantes no momento), inscrições por convite (o estudo possui participantes de uma população previamente estabelecida, contudo apenas indivíduos especificamente convidado são elegíveis de participar) e ainda não recrutando (o estudo ainda não iniciou o recrutamento de participantes). A preponderância foi de 43 estudos com a situação concluída, isto é, aqueles encerrados em que os participantes não estão sendo mais examinados ou tratados. Desses 43, apenas cinco tiveram resultados publicados. Em seguida, observou-se nove estudos na categoria de recrutando, quatro estudos na de desconhecido, três estudos na de terminado sendo dois deles com resultados publicados, dois estudos na de retirado e somente um na de ativo e não recrutando, inscrições por convite e na de ainda não recrutando (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Divisão por situação do estudo clínico



Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados, dividindo-os conforme sua situação.

Feito no Excel.

4.2.3 Tipo do estudo clínico

Quanto aos tipos de estudo, constatou-se 61 intervencionais e três observacionais (Gráfico 6). Um estudo intervencional no qual também se enquadram os ensaios clínicos, é aquele em que o pesquisador intervém no tratamento ou determina a exposição para identificar como um grupo de pacientes sob tratamento se sai em comparação ao outro; já estudos observacionais, como o nome sugere, o pesquisador apenas observa como tal ou com investigações relevantes e não interfere no curso natural da doença ou condição clínica (De; Singh, 2019).

Gráfico 6 - Divisão em porcentagem levando-se em consideração o tipo de estudo clínico



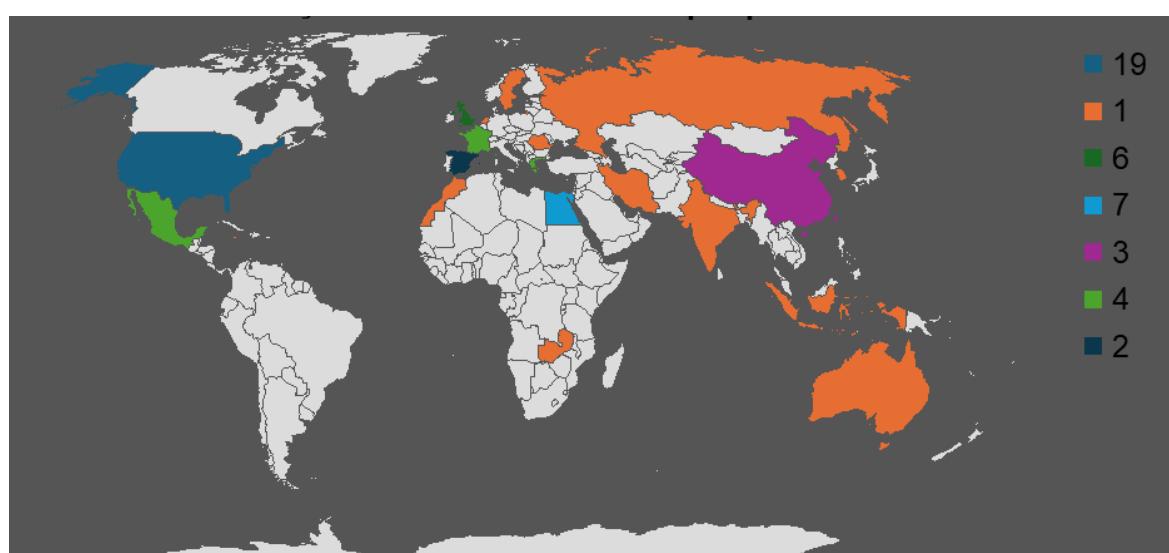
Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados, dividindo-os segundo seus tipos: intervencional ou observacional. Feito no Excel.

4.2.4 Localização dos estudo clínicos

Em relação às regiões com maior números de estudos clínicos, os Estados Unidos foi a nação com mais estudos realizados, sendo 19 ao todo e como consequência a América do Norte foi o continente que mais se destacou nesse sentido (Gráfico 7). Na sequência, o Egito contribuiu com sete estudos e o Reino Unido com seis. Assim, quanto aos continentes, houve contribuições significativas da Europa com vinte estudos feitos no total, seguida da Ásia com dez estudos e da África com nove. O Brasil publicou um estudo na plataforma do NIH, porém foi iniciado em 2010, portanto não foi contabilizado e contemplado nos gráficos do trabalho, bem como a América do Sul não teve mais nenhum outro país que publicou estudos clínicos no NIH no período analisado (Gráfico 8).

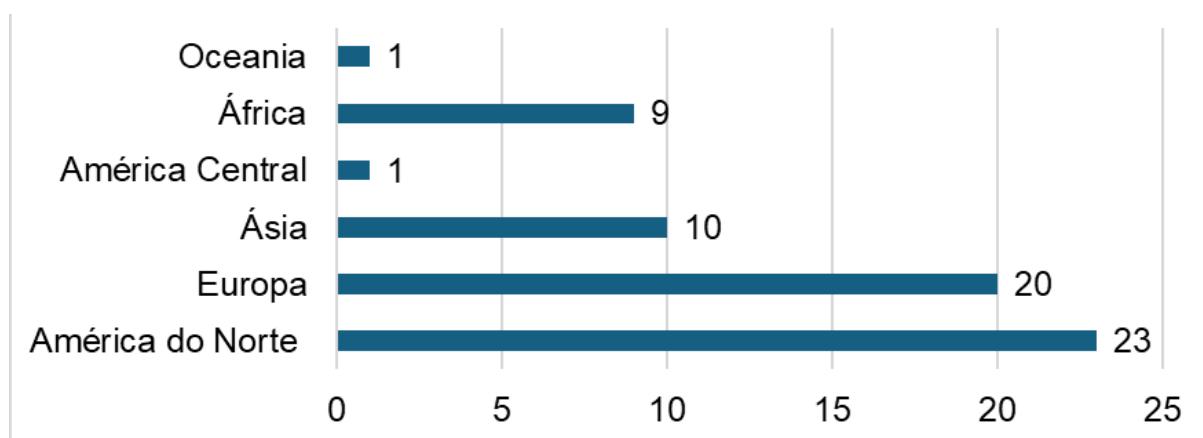
Gráfico 7 - Localização dos estudos clínicos publicados por países



Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados dividindo-os segundo os países em que estão localizados. Feito no Excel com o auxílio da plataforma Bing.

Gráfico 8 - Localização dos estudos clínicos publicados por continentes



Fonte: própria (2025)

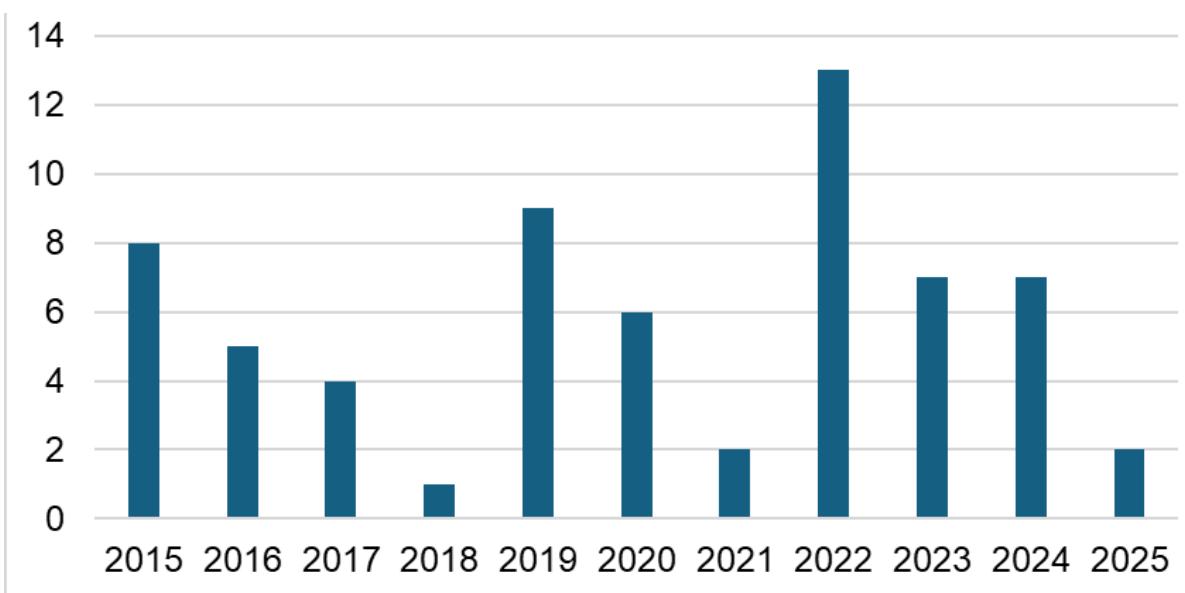
O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados, dividindo-os conforme o continente em que estão localizados. Feito no Excel.

4.2.5 Ano de início do estudo clínico

No que diz respeito aos anos de início dos estudos, não notou-se uma

linearidade de diminuição ou crescimento. O ano de 2015 foi um dos períodos com maior iniciação de estudos na plataforma do NIH, sendo assim, observado uma tendência de aumento com o auge em 2022 com 13 estudos clínicos e depois um declínio com sete estudos em 2023, 2024 e dois estudos até o período investigado, maio de 2025 (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Divisão por anos de início dos estudos clínicos



Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados dividindo-os segundo seus anos de início. Feito no Excel.

4.2.6 Condições estudadas pelos estudos clínicos

Nos estudos clínicos do *NIH* considera-se a doença, distúrbio, síndrome, enfermidade ou lesão que está sendo estudada, bem como podem ser avaliadas outras questões relacionadas à saúde, como qualidade de vida e, por isto, pode haver a utilização de voluntários saudáveis (NIH, 2025).

Dessa forma, atualmente sabe-se que a incidência de doenças crônicas não transmissíveis DCNTs vem aumentando ao longo do tempo, representando a principal causa de morte no mundo, respondendo por 70% das mortes globais (Gong *et al.*, 2018). Assim, foi visto que a maior parte dos estudos, 24 no total, estavam ligados com doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) a exemplo de

diabetes, câncer, obesidade, doenças cardiovasculares, entre outras patologias. Nesse cenário, houve um estudo clínico que observou que um suplemento contendo uma combinação de *Spirulina*, curcumina e *Boswellia* foi eficaz na redução do tamanho de nódulos tireoidianos benignos, todavia, estudos adicionais são necessários para elucidar os mecanismos exatos da ação desse suplemento (Stancioiu *et al.*, 2019).

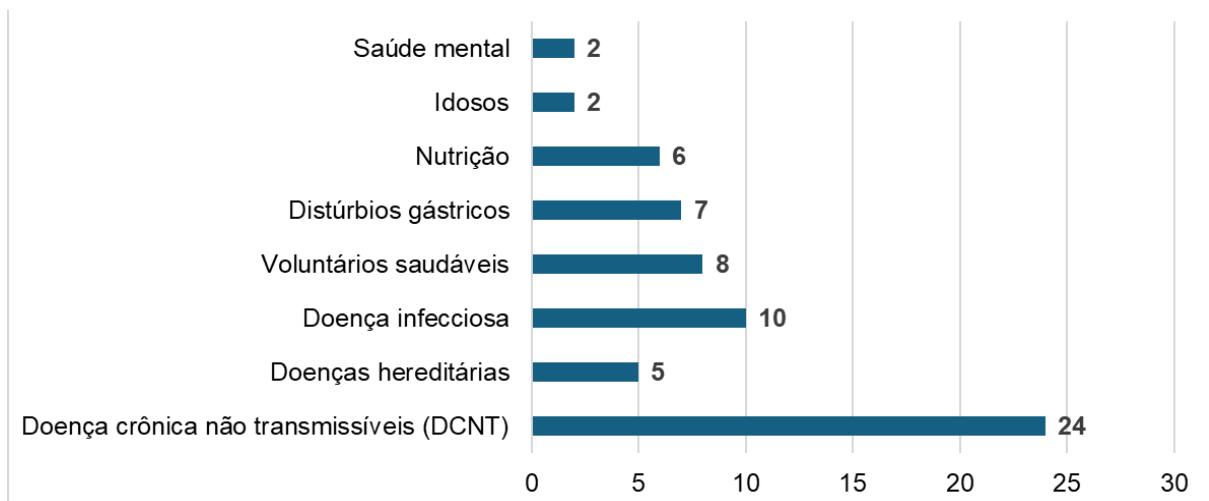
Em segundo lugar com dez estudos, estão as doenças infecciosas, outro conjunto de doenças que incapacitam e promovem a morte de diversos indivíduos pelo mundo, sendo entendidas como enfermidades causadas por um patógeno ou suas toxinas, por meio da transmissão de uma pessoa, animal ou objeto infectado (Van Seventer; Hochberg, 2017). Nesse sentido, os estudos clínicos inseridos nessa categoria estiveram relacionados a infecções virais e bacterianas como HIV, hepatite B, influenza, *C. difficile*, *Campylobacter jejuni* (NIH, 2025). Em seguida, oito estudos estiveram ligados a voluntários saudáveis, desse modo, os objetivos foram verificar o impacto na qualidade de vida das pessoas, por exemplo, em danos musculares.

Além disso, os distúrbios gástricos corresponderam a sete das condições estudadas sobretudo à gastroparesia, uma síndrome caracterizada pelo retardo do esvaziamento gástrico e outros sintomas do trato gastrointestinal superior (Cândido; Souza; Alvez, 2022). As condições ligadas à nutrição representaram seis estudos clínicos, principalmente relacionando a *Spirulina* como uma alternativa de fornecer um alto aporte proteico com todos os aminoácidos essenciais (Sahil; Bodh; Verma, 2024).

Ademais, foi observado os efeitos da *Spirulina* para o tratamento de doenças hereditárias, especialmente na talassemia beta maior, doença hereditária resultante da ausência de uma cadeia beta-globina na via de produção de hemoglobina (Khan; Shaikh, 2025) provocando, por exemplo, anemia crônica (Baird; Batten; Sparks, 2022).

O emprego da *Spirulina* também foi associado à categoria idosos a fim de se referir a dois estudos que não tinham como objetivo acompanhar nenhuma enfermidade específica, mas sim melhorar a função cognitiva e cardiovascular de indivíduos com mais de 60 anos (NIH, 2025). Outrossim, houve a criação da categoria saúde mental devido a dois estudos relacionarem à *Spirulina* ao auxílio na terapêutica da depressão (NIH, 2025), por exemplo (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Divisão por condições estudadas dos estudos clínicos



Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados dividindo-os conforme suas condições estudadas. Feito no Excel.

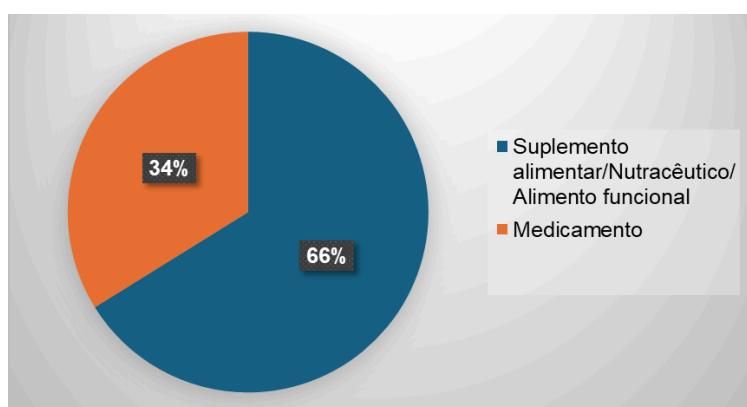
4.2.7 Função da *Spirulina* nos estudos clínicos

Outro foco dos estudos clínicos do NIH são as intervenções as quais são tanto experimentais quanto já disponíveis e aprovadas e podem ser desde medicamentos e dispositivos médicos até abordagens não invasivas como modificações na dieta (NIH, 2025). Neste contexto, para os resultados obtidos se levou em consideração a divisão em suplemento alimentar, alimento funcional, nutracêutico e medicamento. Contudo, as intervenções baseadas em suplementos alimentares, nutracêuticos e alimentos funcionais foram agrupadas num mesmo grupo a fim de facilitar a divisão e contemplar divergências desses termos entre as Autoridades Sanitárias ao redor do mundo. A definição de suplemento alimentar pela FDA, por exemplo, não especifica que estes produtos são destinados a pessoas saudáveis (FDA, 2024) diferente da definição da Anvisa já mencionada. Dessa maneira, foram encontrados 42 estudos clínicos associando o uso da *Spirulina* com suplementos alimentares, nutracêuticos e alimentos funcionais (Gráfico 11), sobretudo como suplemento alimentar adjuvante no bem-estar populacional e na

terapêutica de doenças.

A utilização da *Spirulina* como medicamento estava relacionada a 22 estudos (Gráfico 11), sendo principalmente associada a fins de diagnósticos para esvaziamento gástrico por meio de uma forma de teste respiratório com isótopo estável marcado com carbono ^{13}C e *Spirulina* não radioativa (Kovacic *et al.*, 2021) aprovada pela FDA (Wang; Chen; Nojko, 2023). Vale ressaltar que a definição de medicamento da Anvisa da Lei Nº 5.991 de 1977 e da FDA apontam que um medicamento possui ação para fins de diagnóstico (FDA, 2017).

Gráfico 11 - Divisão pela função da *Spirulina* nos estudos clínicos



Fonte: própria (2025)

O gráfico quantifica os estudos clínicos encontrados dividindo-os de acordo com a função da *Spirulina*. Resultados estão expressos em porcentagem, 66% ligados a alimento funcional, suplemento alimentar e nutracêutico e outros 34% ligados à *Spirulina* como medicamento. Feito no Excel.

4.3 Análise cienciométrica obtida no Web of Science

Quanto à busca realizada na base de dados Web of Science, foi realizada uma busca pela palavra-chave *Spirulina* e encontrou-se 6.049 publicações considerando os dez últimos anos (2015-2025).

4.3.1 Países com maior número de artigos publicados

Desse modo, foi visto que os dez países com mais artigos publicados (Gráfico 12), foram respectivamente por ordem decrescente: China, Índia, Egito, Brasil,

Estados Unidos, Irã, Arábia Saudita, Itália, Espanha e Indonésia. Outro estudo também demonstrou essa mesma tendência, nele foi visto que a maior parte da produção acadêmica sobre a *Spirulina* foi realizada por pesquisadores da China (15,1% da produção mundial), Índia (11,6%), EUA (8,2%), Brasil (8,0%) e Egito (6,5%), porém o período considerado foi mais amplo de 1967 a 2024 (Bertoldi *et al.*, 2025). Um fator a ser considerado para os países apoiarem as pesquisas sobre *Spirulina* é as análises de tendências industriais e de mercado mostrarem que o mercado de suplementos alimentares à base de *Spirulina* é um dos mais importantes, com previsão de valor de mercado de 254 bilhões de dólares até 2031 (Amin *et al.*, 2023).

Gráfico 12 - Dez países com mais publicações na base de dados Web of Science



Fonte: própria (2025)

Gráfico no formato mapa de árvores, feito com auxílio da base de dados Web of Science. Os resultados estão dispostos de maneira a cada país ser representado por uma cor diferente com seus respectivos números de publicações. As áreas do gráfico não são diretamente proporcionais aos resultados encontrados.

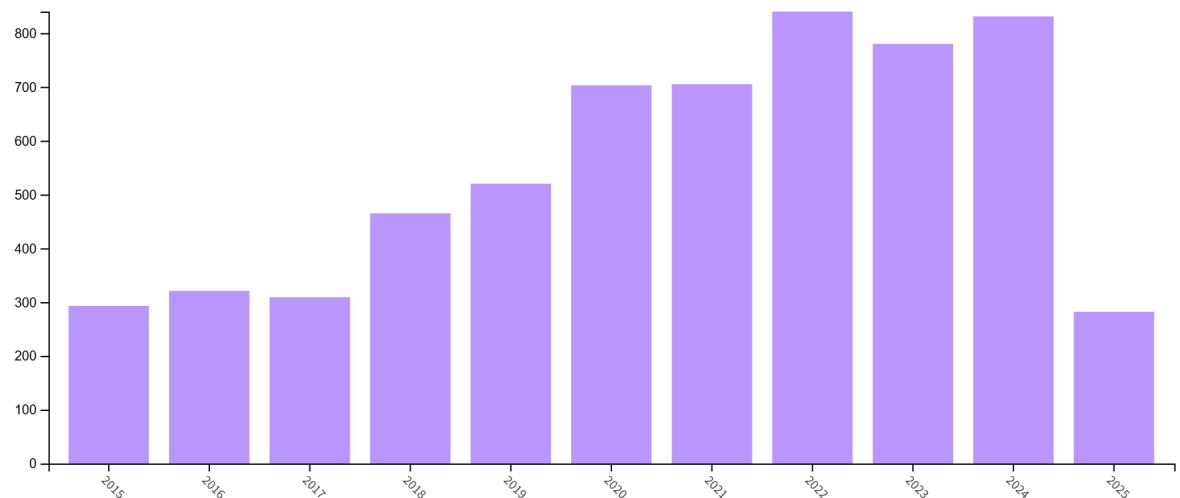
4.3.2 Anos de publicação no mundo

Em relação aos anos de publicação, foi observada uma tendência de aumento com o auge de publicações nos anos de 2022, 2023 e 2024, sendo que em 2025 parece haver uma queda, porém esse número ainda pode subir, levando-se

em consideração que o presente trabalho contempla até maio de 2025 (Gráfico 13).

Estes dados vão ao encontro da *Spirulina* estar sendo cada vez mais o foco de pesquisas mundialmente. Em 1996, a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconheceu a *Spirulina* como o alimento do futuro, com base em pesquisas científicas que destacaram seu elevado teor de proteínas e vitaminas naturais (Trotta *et al.*, 2022). Além disso, um relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) constatou que a *Spirulina* demonstrou ter considerável potencial de desenvolvimento, podendo ser cultivada em pequena escala para a melhoria nutricional, geração de renda e mitigação de impactos ambientais (Siedenburg, 2022).

Gráfico 13 - Artigos encontrados no período de janeiro de 2015 a maio de 2025 separados pelos anos em foram publicados



Fonte: própria (2025)

Gráfico feito com auxílio da base de dados Web of Science.

4.3.3 Dez áreas de pesquisa com mais publicações no mundo

No que se refere às áreas de pesquisas dos artigos publicados, os dez predomínios mais relevantes foram em ordem decrescente: Biotecnologia e Microbiologia Aplicada, Tecnologia em Ciência de Alimentos, Engenharia, Química, Ciências Ambientais e Ecologia, Energia e Combustíveis, Agricultura, Bioquímica e

Biologia Molecular, Ciência e Tecnologia: Outros Tópicos e Farmacologia e Farmácia (Gráfico 14).

Gráfico 14 - Dez áreas de pesquisa com mais publicações na base de dados Web of Science



Fonte: própria (2025)

Gráfico no formato mapa de árvores, feito com auxílio da base de dados Web of Science. Os resultados estão dispostos de maneira a cada área de pesquisa ser representada por uma cor diferente com seus respectivos números de publicações. As áreas do gráfico não são diretamente proporcionais aos resultados encontrados.

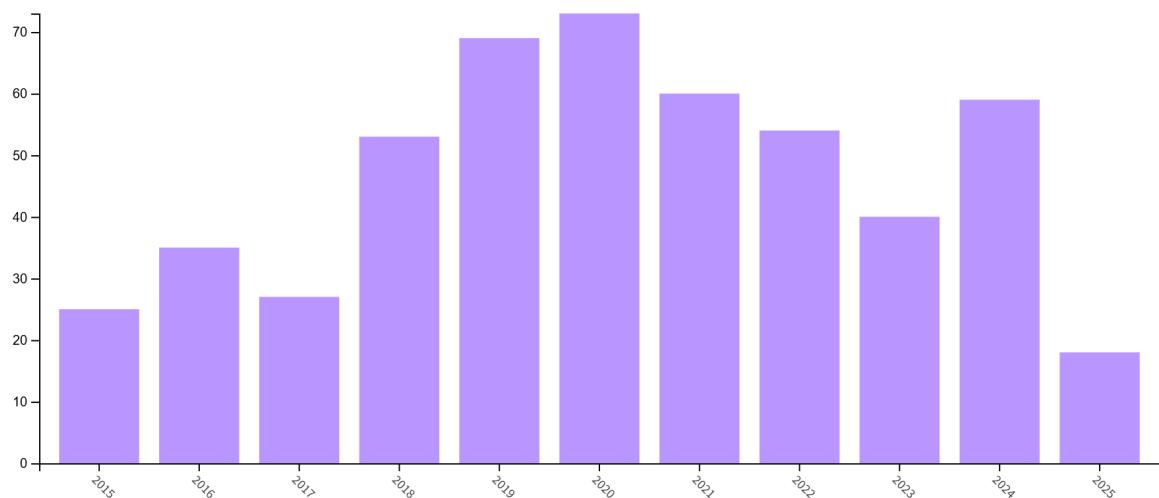
4.3.4 Situação brasileira

O Brasil, por sua vez, ocupou a quarta posição, com 513 publicações ao todo, de países com mais artigos publicados levando-se em conta a palavra-chave *Spirulina* e o período já mencionado. Sabe-se que existem mais de 40 laboratórios e instituições no Brasil onde são mantidas culturas de algas (microalgas, macroalgas e cianobactérias) e cerca de 3.496 espécies de algas catalogadas (Brasil; Silva; Siqueira, 2017).

Comparando-se com o panorama global, houve uma crescente de 2015 a 2019, sendo o auge do Brasil em 2019 e 2020 e após esse período houve uma

queda no número de artigos publicados, voltando a ter um aumento em 2024, um dos anos que mais houve publicações no mundo também (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Artigos brasileiros encontrados no período de janeiro de 2015 a maior de 2025 separados pelos anos em foram publicados



Fonte: própria (2025)

Gráfico feito com auxílio da base de dados Web of Science.

No que tange às áreas de pesquisa, houve similaridades, principalmente quando comparadas as três primeiras posições representadas por: Biotecnologia e Microbiologia Aplicada, Tecnologia em Ciência de Alimentos e Engenharia. No entanto, pôde-se observar a presença de outros assuntos com um menor número de publicações, mas também relevantes por estarem nas dez primeiras posições: Nutrição e Dietética e Biologia Marinha e de Água Doce (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Dez áreas de pesquisa com mais publicações brasileiras na base de dados Web of Science



Fonte: própria (2025)

Gráfico no formato mapa de árvores, feito com auxílio da base de dados Web of Science. Os resultados estão dispostos de maneira a cada área de pesquisa ser representada por uma cor diferente com seus respectivos números de publicações. As áreas do gráfico não são diretamente proporcionais aos resultados encontrados.

4.4 Diferenças entre os nomes *Spirulina* e *Arthrosphaera*

Observou-se que ao ser realizada a pesquisa pelo site do INPI, o termo *Spirulina* estava mais presente no título e resumo das patentes que o termo *Arthrosphaera*, na busca pelos estudos clínicos não foi encontrado nenhum estudo clínico associado à *Arthrosphaera* e quando foi feita a busca de artigos pelo *Web of Science* também viu-se uma redução de publicações com a palavra *Arthrosphaera*. Possivelmente, este fato se deve ao vocábulo *Spirulina* estar relacionado com o uso comercial da cianobactéria e *Arthrosphaera*, estar mais relacionado ao nome científico (Levine; Fleurence, 2018).

4.5 Percepção da população acerca da *Spirulina*

Alguns estudos mostraram que a população não possui o devido conhecimento a respeito da *Spirulina*, suas aplicações e benefícios (Villaró-Cos et al., 2024).

Uma pesquisa realizada na Suíça com 442 participantes relatou que cerca de 50% dos entrevistados se mostraram desinformados sobre a *Spirulina* e 36% deles sequer ouviu falar sobre o termo *Spirulina* (Lucas; Alberto Vieira Costa; Brunner, 2023). Outra consulta feita na Espanha com 3.084 pessoas, aproximadamente 85% delas declararam que há falta de informação sobre cianobactérias como *Spirulina* e microalgas e isso tem impacto direto no não consumo de produtos que possuem esses seres vivos (Lafarga et al., 2021).

Já no Brasil, por exemplo, um estudo com 1.499 participantes, dos quais cerca de 53% eram da região Sul, constatou que 70% deles já haviam ouvido falar sobre microalgas e cianobactérias e 84% estariam dispostos a consumir alimentos com biomassa ou seus subprodutos (Silva et al., 2024). No entanto, 72% nunca havia ingerido biomassa de cianobactérias como a *Spirulina* (Silva et al., 2024).

5 CONCLUSÃO

A partir das informações avaliadas no presente trabalho e das patentes, estudos clínicos e das publicações encontradas nas bases de dados, percebe-se que *Spirulina* já é um organismo de destaque e possui um papel promissor mundial nos mais variados setores como o farmacêutico, alimentício, ambiental e biotecnológico.

Todavia, mesmo o Brasil sendo um país rico em biodiversidade e com um grande potencial, sabe-se que grande parte de seus recursos naturais não são aproveitados de maneira apropriada. Um exemplo é que regiões brasileiras como a Centro-Oeste e Norte não possuem patentes ligadas ao uso da *Spirulina*. Bem como, vê-se que poucas empresas brasileiras vêm trabalhando com a produção de cianobactérias como a *Spirulina*.

Assim, mesmo com várias invenções brasileiras publicadas no INPI e a fiscalização e regulamentação de uma Autoridade Sanitária como a Anvisa na área de alimentos e medicamentos, ainda vê-se que muitas invenções não vão para o mercado brasileiro, o que contribui para o desconhecimento da população acerca dos benefícios e utilização da *Spirulina*.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Anvisa promove encontro para apresentar suas estratégias no uso de dados e IA. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2024/anvisa-promove-encontro-para-apresentar-suas-estrategias-no-uso-de-dados-e-ia>. Acesso em: 20 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. LEI Nº 5.991, DE 17 DE DEZEMBRO DE 1973. Dispõe sobre o Controle Sanitário do Comércio de Drogas, Medicamentos, Insumos Farmacêuticos e Correlatos, e dá outras Providências. [S. I.]: Anvisa Legis, 1973. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=LEI&numeroAto=00005991&seqAto=000&valorAno=1973&orgao=NI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=1696&cod_modulo=134&pesquisa=true. Acesso em: 3 fev. 2025

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria - PRT nº 399, de 30/04/1999. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. [S. I.]: Anvisa Legis, 1999. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=POR&numeroAto=00000399&seqAto=000&valorAno=1999&orgao=ANVISA/MS&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=1696&cod_modulo=134&pesquisa=true. Acesso em: 3 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Relatório interativo. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM0MmE4NzItNzM0OS00YzRiTgyYWYtMjg5ZmVINjMyNDU1liwidCI6ImI2N2FmMjNmLWMzZjMtNGQzNS04MGM3LWI3MDg1ZjVIZGQ4MSJ9>. Acesso em: 15 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 243, de 26/07/2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares.[S. I.]: Anvisa Legis, 2018. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&tipo=RDC&numeroAto=00000243&seqAto=000&valorAno=2018&orgao=RDC/DC/ANVISA/MS&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=1696&cod_modulo=134&pesquisa=true. Acesso em: 3 fev. 2025

ALFADHLY, N. K. Z. et al. Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Spirulina and Their Health Benefits: A Review. **Molecules**, v. 27, n. 17, p. 5584, 30 ago. 2022.

ALTMANN, B. A.; ROSENAU, S. Spirulina as animal feed: Opportunities and challenges. **Foods (Basel, Switzerland)**, v. 11, n. 7, p. 965, 2022.

AMIN, M. et al. A bibliometric analysis of the growing market of Spirulina-based algal products and emerging trends. **Adv Green Chem**, v. 2023, n. 1, p. 33–44, 2023.

ATHIYAPPAN, K. D.; ROUTRAY, W.; PARAMASIVAN, B. Phycocyanin from Spirulina: A comprehensive review on cultivation, extraction, purification, and its application in food and allied industries. **Food and Humanity**, v. 2, n. 100235, p. 100235, 2024.

BAIRD, D. C.; BATTEN, S. H.; SPARKS, S. K. Alpha- and Beta-thalassemia: Rapid Evidence Review. **American Family Physician**, v. 105, n. 3, p. 272–280, 1 mar. 2022.

BERTOLDI, M. C. et al. Worldwide distribution, current trends and scientific progress in Spirulina research (1967–2024): A Scientometric analysis. **Algal research**, v. 88, n. 104029, p. 104029, 2025.

BISSON, M. P. **Nutracêutica clínica, estética, esportiva e prescrição de fitoterápicos**. 1. ed. Barueri (SP) : Manole, 2020.

BRASIL, B. S. A. F.; SILVA, F. C. P.; SIQUEIRA, F. G. Microalgae biorefineries: The Brazilian scenario in perspective. **New biotechnology**, v. 39, n. Pt A, p. 90–98, 2017.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Bases de patentes online**. 2015. Disponível em:
<https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/bases-de-patentes-online>. Acesso em: 20 dez. 2024.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Busca de patentes – Base de dados do INPI**. Disponível em:
<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController>. Acesso em: 14 fev. 2025.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Patente: da importância à sua proteção**. DA SILVA, E.F. et al. 2021. Disponível em:
https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/CartilhaINPI_Patente_Daimportnciasuaproteo.pdf. Acesso em: 17 mar. 2025

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Perguntas frequentes – Patentes**. 2020. Disponível em:
<https://www.gov.br/inpi/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/patentes#patente>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Universidades públicas registram mais patentes que empresas no Brasil**. Vitrine Tecnológica, 2023. Disponível em:

<https://vitrinetecnologica.mec.gov.br/noticias/183-universidades-publicas-registraram-mais-patentes-que-empresas-no-brasil>. Acesso em: 17 mar. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Biblioteca Virtual em Saúde. **Alimentos funcionais**. 2015. Link: <https://bvsms.saude.gov.br/alimento-funcionais/>. Acesso em: 13 mar. 2025.

CÂNDIDO, R. S. G.; SOUZA, T. B. D. DE; ALVES, H. B. ABORDAGEM TERAPÊUTICA DA GASTROPARESIA DIABÉTICA. **Revista Contemporânea**, v. 2, n. 3, p. 760–779, 2022.

CEPOI, L.; ZINICOVSCAIA, I. **Spirulina platensis as a model object for the environment bioremediation studies**. p. 629–640, 1 jan. 2020.

COSTA, J. A. V. et al. **Operational and economic aspects of Spirulina-based biorefinery**. **Bioresource Technology**, v. 292, p. 121946, nov. 2019.

DA ANUNCIAÇÃO, T. A. et al. Biological significance of probiotic microorganisms from Kefir and kombucha: A review. **Microorganisms**, v. 12, n. 6, p. 1127, 2024.

DE, D.; SINGH, S. Basic understanding of study types and formulating research question for a clinical trial. **Indian Dermatology Online Journal**, v. 10, n. 3, p. 351, 2019.

DOMENEGHINI, J. **Sugestões de Bases de Dados Bibliográficas! – GDES**. Disponível em:
<https://www.ufrgs.br/gdes/2022/09/27/sugestoes-de-bases-de-dados-bibliograficas/>. Acesso em: 10 maio. 2025.

FAIS, G. et al. Wide range applications of Spirulina: From Earth to space missions. **Marine drugs**, v. 20, n. 5, p. 299, 2022.

FERNANDES, R. et al. Exploring the Benefits of Phycocyanin: From Spirulina Cultivation to Its Widespread Applications. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 4, p. 592, 1 abr. 2023.

FERRO, G.; GROOTHUIS, L. **The European market potential for chlorella and spirulina for health products**. Disponível em:
<https://www.cbi.eu/market-information/natural-ingredients-health-products/chlorella-and-spirulina/market-potential>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GOGNA, S. et al. Spirulina- An Edible Cyanobacterium with Potential Therapeutic Health Benefits and Toxicological Consequences. **Journal of the American Nutrition Association**, p. 1–14, 2 ago. 2022.

GONG, J. B. et al. Epidemiology of chronic noncommunicable diseases and evaluation of life quality in elderly. **Aging medicine**, v. 1, n. 1, p. 64–66, 2018.

HSIEH-LO, M. et al. Phycocyanin and phycoerythrin: Strategies to improve production yield and chemical stability. **Algal Research**, v. 42, p. 101600, set. 2019.

INOVA CPS. **O que é Propriedade Intelectual**. Disponível em:
<https://inova.cps.sp.gov.br/o-que-e-propriedade-intelectual/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

JACOB-LOPES, E.; QUEIROZ ZEPKA, L.; QUEIROZ, M. I. (EDS.). **Microalgal Biotechnology**. London, England: IntechOpen, 2018.

KHAN, I.; SHAIKH, H. Beta thalassemia major (Cooley anemia). In: StatPearls. Treasure Island (FL): **StatPearls** Publishing, 2025.

KOVACIC, K. et al. Gastric emptying in healthy children using the Spirulina breath test: The impact of gender, body size, and pubertal development.

Neurogastroenterology and motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society, v. 33, n. 6, p. e14063, 2021.

LAFARGA, T. et al. Spirulina for the food and functional food industries. **Food Research International**, v. 137, p. 109356, 1 nov. 2020.

LEVINE, I.; FLEURENCE, J. (EDS.). **Microalgae in health and disease prevention**. San Diego, CA: Academic Press, 2018.

LUCAS, B. F.; ALBERTO VIEIRA COSTA, J.; BRUNNER, T. A. Attitudes of consumers toward Spirulina and açaí and their use as a food ingredient. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 178, n. 114600, p. 114600, 2023.

MADIGAN, M. T.; AL, E. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre (RS): Artmed, 2016.

MEHDIZADEH ALLAF, M.; PEERHOSSAINI, H. Cyanobacteria: Model Microorganisms and Beyond. **Microorganisms**, v. 10, n. 4, p. 696, 24 mar. 2022.

MOLIN, T. R. D. et al. Regulatory framework for dietary supplements and the public health challenge. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, p. 90, 22 out. 2019.

MORONE, J. et al. Cosmetic Application of Cyanobacteria Extracts with a Sustainable Vision to Skincare: Role in the Antioxidant and Antiaging Process. **Marine Drugs**, v. 20, n. 12, p. 761, 2 dez. 2022.

NAKAMOTO, M. M. et al. Spirulina application in food packaging: Gaps of knowledge and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 133, p. 138–147, mar. 2023

RACZYK, M. et al. Effect of Spirulina (*Arthrospira platensis*) Supplementation on Physical and Chemical Properties of Semolina (*Triticum durum*) Based Fresh Pasta. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 27, n. 2, p. 355, 2022.

RAGUSA, I. et al. Spirulina for Skin Care: A Bright Blue Future. **Cosmetics**, v. 8, n. 1, p. 7, 14 jan. 2021.

RAINATTO, G. C. et al. O investimento na pesquisa: Um estudo sobre a produção de patentes das universidades federais. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, p. 0576–0595, 2022.

Regulamento - 2015/2283 - EN - EUR-Lex. Disponível em:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/ALL/?uri=CELEX%3A32015R2283>.
Acesso em: 28 ago. 2024.

SAHIL, S.; BODH, S.; VERMA, P. Spirulina platensis: A comprehensive review of its nutritional value, antioxidant activity and functional food potential. **Journal of cellular biotechnology**, v. 10, n. 2, p. 159–172, 2024.

SANTOS, J. R. M. P. DOS; ALBERT, A. L. M.; LEANDRO, K. C. Importância de uma regulamentação específica com as definições e classificações dos produtos comercializados como suplementos alimentares, alimentos funcionais e nutracêuticos. **Revista de Direito Sanitário**, v. 19, n. 3, p. 54–67, 2019.

SIEDENBURG, J. Could microalgae offer promising options for climate action via their agri-food applications? **Frontiers in sustainable food systems**, v. 6, 2022.

SILVA, G. C. S. et al. SPIRULINA EM FOCO: CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. In: **Biotecnologia e farmacologia: abordagens interdisciplinares na terapêutica com recursos naturais**. [s.l.] Atena Editora, 2023. p. 1–18.

SONI, R. A.; SUDHAKAR, K.; RANA, R. S. Spirulina – From growth to nutritional product: A review. **Trends in food science & technology**, v. 69, p. 157–171, 2017.

STANCIOIU, F. et al. Treatment for benign thyroid nodules with a combination of natural extracts. **Molecular medicine reports**, v. 20, n. 3, p. 2332–2338, 2019.

TROTTA, T. et al. Beneficial effects of Spirulina consumption on brain health. **Nutrients**, v. 14, n. 3, p. 676, 2022.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu; Conselho da União Europeia. **Regulamento (UE) 2015/2283 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015**. Relativo a novos alimentos e que revoga o Regulamento (CE) nº 258/97. Jornal Oficial da União Europeia, L 327, 11 dez. 2015. Disponível em:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/ALL/?uri=CELEX%3A32015R2283>. Acesso em: 21 maio 2025.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Drugs@FDA glossary of terms**. 2017. Disponível em:
<https://www.fda.gov/drugs/drug-approvals-and-databases/drugsfda-glossary-terms>.
Acesso em: 15 mar. 2025

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Questions and answers about dietary supplements**. 2024. Disponível em:
<https://www.fda.gov/food/information-consumers-using-dietary-supplements/questions-and-answers-dietary-supplements>. Acesso em: 10 abr. 2025.

UNITED STATES. National Library of Medicine. **ClinicalTrials.gov**. Disponível em:
<https://clinicaltrials.gov/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

UNITED STATES. National Library of Medicine. **ClinicalTrials.gov: resultados de busca por "Spirulina"**. Bethesda, MD: National Institutes of Health. Disponível em:
<https://clinicaltrials.gov/expert-search?term=Spirulina&limit=100&page=1&viewType=Table>. Acesso em: 20 nov. 2025.

VAN SEVENTER, J. M.; HOCHBERG, N. S. Principles of infectious diseases: Transmission, diagnosis, prevention, and control. In: **International Encyclopedia of Public Health**. [s.l.] Elsevier, 2017. p. 22–39.

VASCONCELOS, J.; LIMA, F. V. R.; SANTOS, J. A. B. Indicadores para avaliação da visibilidade das patentes em universidades federais. **Revista P2P e INOVAÇÃO**, v. 10, n. 2, 2024.

VILLARÓ-COS, S. et al. Research trends and current requirements and challenges in the industrial production of spirulina as a food source. **Trends in Food Science & Technology**, v. 143, p. 104280, 1 jan. 2024.

WANG, Y.; CHEN, J. D. Z.; NOJKOV, B. Diagnostic methods for evaluation of gastric motility-A mini review. **Diagnostics (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 4, 2023.

21/05/2025 -

Matheus Bueno Teixeira

Data e assinatura do aluno(a)

Samuel C. Amaral

21/05/2025 -

Data e assinatura do orientador(a)