

## BIOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA APLICADA NA SUSTENTABILIDADE

**CÉSAR DA SILVA ROBUSTI**

UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL

**MILTON CARLOS FARINA**

### **Introdução**

A Biotecnologia é uma área do conhecimento de grande importância devido aos avanços tecnológicos presentes no século 21. Conforme estabelecido pela ONU, a Biotecnologia abrange a fabricação, modificação de produtos ou processos através da utilização de organismos vivos e seus derivados com auxílio da tecnologia, atualmente classificada em 11 áreas distintas (ONU, 1992; DaSilva, 2004; Kafarski, 2012). Essa área desempenha papel essencial no desenvolvimento sustentável com aplicações nos mais variados campos como biocombustíveis, biopolímeros, bioenergia, entre outros (Schenberg, 2010).

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

Diante a definição e as necessidades relatadas, pretende-se por meio da presente pesquisa responder a seguinte questão: Como a Biotecnologia vem sendo empregada como ferramenta com foco na sustentabilidade? Objetiva-se por meio desta pesquisa verificar como a Biotecnologia vem sendo utilizada como ferramenta sustentável a partir da análise de artigos disponíveis em bases de dados.

### **Fundamentação Teórica**

Conforme estabelecido por Brundtland (1991) o desenvolvimento sustentável deve prover as necessidades essenciais da atual geração, sem comprometer as gerações futuras. A Biotecnologia sustentável tem por foco utilizar, desenvolver e regular sistemas biológicos no campo do desenvolvimento sustentável, preocupando-se em como esses sistemas são utilizados para a conservação dos recursos, proteção e monitoramento do meio ambiente e na gestão de resíduos (Singh, 2017). Porém, todo o sistema e processos devem trabalhar em prol do mesmo propósito para que realmente seja sustentável (Krimsky, 2022).

### **Metodologia**

Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica realizada nas bases de dados da CAPES e WoS. Após seleção dos artigos condizentes com a pesquisa, o arquivo RIS com metadados bibliométricos foi exportado e analisado pelo software VOSviewer, buscando compreender quais são as aplicações biotecnológicas focadas no desenvolvimento sustentável. Os dados foram coletados nos meses de agosto à novembro de 2022 atendendo os critérios: publicações entre 2017 a 2022, artigos com os descritores em Inglês ou Português como: Biotecnologia; Avanços; Aplicações; bem como as cores das áreas da Biotecnologia.

### **Análise dos Resultados**

Verificou-se que diante dos mapas obtidos através do software VOSviewer, as palavras utilizadas nos trabalhos analisados condizem com as informações apresentadas por Singh (2017), uma vez que apresentam a mescla dos temas relacionados à sociedade, economia e meio ambiente dentro da Biotecnologia, além de demonstrar diversos avanços e aplicações atreladas a sustentabilidade. Nota-se então aplicações de estudos voltados para bioplásticos, biomassa, biopolímeros, bioenergia, biocombustíveis, biorremediação, entre diversos outros bioprocessos sustentáveis.

### **Conclusão**

O presente trabalho apresenta as aplicações sustentáveis relacionadas à Biotecnologia, com base nas produções científicas disponíveis. Este trabalho tem por limitação à exportação dos metadados pelo arquivo RIS, dessa forma não possibilitando a utilização de todas as opções de análise disponíveis no software devido a falta de compatibilidade com o formato do arquivo descrito, mas em contrapartida possibilita a análise de ambas as bases de dados selecionadas. Nota-se ainda, além dos diversos bioprocessos sustentáveis, quais são as distinções quanto ao foco de pesquisa de ambas as bases.

### **Referências Bibliográficas**

BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum. 1991. DASILVA, E. J. The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind. Electron. J. Biotechnol., 2004. KAFARSKI, P. Rainbow code of biotechnology. Chemik, v. 66, p. 814–816, jan. 2012. KRIMSKY, S. Sustainable GMOs: An Oxymoron?. 2022. ONU. CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 1992. SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. Estudos Avançados, v. 24, n. 70, p. 07–17, 2010. SINGH, R. L. Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future, 2017.

### **Palavras Chave**

Biotecnologia, Sustentabilidade, Revisão bibliográfica

### **Agradecimento a órgão de fomento**

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento atribuído a pesquisa intitulada “APLICAÇÕES E AVANÇOS DA BIOTECNOLOGIA: uma revisão bibliográfica” que foi desenvolvida através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e a USCS pelo Programa de Iniciação Científica na Graduação (PIC/G-USCS), o qual possibilitou o desenvolvimento da presente pesquisa.

# BIOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA APLICADA NA SUSTENTABILIDADE<sup>1</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

A Biotecnologia é uma área do conhecimento de grande importância principalmente para o século 21 devido aos avanços dos fármacos, da sustentabilidade e da produção de alimentos. De acordo com a ONU, a Biotecnologia pode ser definida como “qualquer aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para fazer ou modificar produtos ou processos para uso específico” (ONU, 1992, Art. 2).

Para Lourenço (2021), a Biotecnologia trata-se de uma área da ciência multidisciplinar associada às redes de inovação, relata ainda que essas redes são de extrema importância devido a complexidade do tema e ao grande potencial de evolução que conta com apoio de governos do mundo todo para pesquisas na área. Apresentando deste modo, um campo amplo quanto ao conhecimento e aos mecanismos relacionados à saúde humana e à vida em geral (Alves; Costa, 2020).

Devido a multidisciplinaridade do tema, tem-se a necessidade de melhor organizar a Biotecnologia, por meio do qual é possível verificar através dos autores Kafarski (2012), DaSilva (2004), Pinto, Silva, Cassini (2022), entre outros, a utilização do “*rainbow code of biotechnology*” para classificar a Biotecnologia. Atualmente 11 áreas/cores foram definidas com distinção quanto às atividades executadas em cada uma das mesmas, sendo ainda possível ocorrer o surgimento de novas áreas de acordo com as inovações tecnológicas.

As áreas de atuação da Biotecnologia classificam-se pelas cores: verde - questões voltadas para a agricultura; amarelo - aplicada no viés nutricional/alimentar; vermelho - medicina num geral; branco - aplicações industriais; azul - pesquisas marinhas; cinza - pesquisas que visam proteger o meio ambiente; marrom - aplicada em pesquisas relacionadas a regiões desérticas/secas; dourado - bioinformática, uso da computação; preta - pesquisas no campo das armas biológicas (bioterrorismo) e antiterrorismo; violeta - refere-se a toda a parte de legislação, regulamentações, discussões éticas e laranja - divulgação científica da própria área.

Arelado a sustentabilidade, surgem diversas aplicações de novas tecnologias disruptivas capazes de alavancar o desenvolvimento verde, garantindo assim a preservação do meio ambiente, dentre elas a Biotecnologia, na qual desempenha papel fundamental atrelado às metas de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU, com aplicações nos campos dos biocombustíveis, biopolímeros, biorremediação, produção de alimentos, geração de energia, entre outras (Schenberg, 2010; UN, 2015).

Tendo em vista as diversas aplicações da área, conforme apontado por Fontes (2020) a transferência tecnológica é necessária quando se trata do campo da Biotecnologia, buscando assim difundir o conhecimento ao mesmo tempo em que se faz necessário tornar menos técnico e mais acessível para todos a divulgação científica a respeito dos benefícios e aplicações da Biotecnologia (Moraes; Montalvão Neto; Morais, 2021).

## 2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Diante a definição e as necessidades relatadas, pretende-se por meio da presente pesquisa responder a seguinte questão: *Como a Biotecnologia vem sendo empregada como ferramenta com foco na sustentabilidade?*

Objetiva-se por meio desta pesquisa verificar como a Biotecnologia vem sendo utilizada como ferramenta sustentável a partir da análise de artigos disponíveis em bases de dados disponíveis.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme estabelecido por Brundtland (1991), o desenvolvimento sustentável deve prover as necessidades essenciais da atual geração, sem que comprometa as necessidades das próximas gerações, garantindo assim recursos suficientes para as próximas gerações.

Por sua vez, o campo da Biotecnologia sustentável tem por foco utilizar, desenvolver e regular sistemas biológicos relacionados aos processos de desenvolvimento sustentável e tecnologias verdes, preocupando-se em como esses sistemas são utilizados no contexto da conservação dos recursos, proteção e monitoramento do meio ambiente e na gestão de resíduos (Singh, 2017).

Portanto, para um futuro mais sustentável, a Biotecnologia deve desempenhar um papel que esteja atrelado aos campos da sociedade, economia e meio ambiente para desenvolver processos ecologicamente corretos como os biofertilizantes, biopesticidas, monitoramento e conservação da biodiversidade, biorremediação, organismos geneticamente modificados, além do uso de energias renováveis seja no campo dos biocombustíveis ou na geração de energia elétrica (Singh, 2017).

De acordo com Gaylarde, Bellinaso e Manfio (2005), “Biorremediação é um processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente”.

Com isso, a Biorremediação pode ser usada nos campos da Aquicultura, diretamente na remediação de solos contaminados, seja com petróleo e seus derivados ou outras substâncias contaminantes, no tratamento de água, águas residuais, esgoto, entre diversas outras aplicações, estes por sua vez focados em um tratamento menos agressivo ao meio ambiente e mais barato quando comparados com tratamentos físico-químicos convencionais (Abreu *et al.* 2022; Aniceto; Irazusta, 2023; Macedo *et al.*, 2015).

Como forma de auxiliar o processo de Biorremediação, organismos geneticamente modificados (OGM) podem ser empregados, permitindo assim um aumento na taxa de eficácia dos processos de despoluição do ambiente, porém, recomenda-se limitar o espaço e o tempo de vida desses organismos, tendo em vista o controle preditivo de possíveis efeitos indesejados (Gaylarde; Bellinaso; Manfio, 2005).

Outro exemplo de uso da sustentabilidade na Biotecnologia se dá através do sistema de produção de comida:

“Um sistema alimentar sustentável (SFS) é um sistema alimentar que garante a segurança alimentar e nutricional para todos, de tal forma que as bases econômicas, sociais e ambientais para gerar a segurança alimentar e nutricional das gerações futuras não sejam comprometidas.” (HLPE, 2014, p. 31, tradução nossa).

Atrelado a esse fato, surgem as aplicações transgênicas ou geneticamente modificadas no campo da agricultura, com a finalidade de melhorar as plantas e fornecer proteção contra agentes que poderiam afetar negativamente o seu desenvolvimento, ao mesmo tempo que auxilia numa menor necessidade quanto a utilização de pesticidas, na redução de custos e aumento na produção de alimentos (Ferro; Paixão; Silva, 2021).

Dado esse fato, pode-se perceber que as definições de Brundtland (1991) sobre desenvolvimento sustentável ainda são levadas em consideração, porém, todo o sistema

agrícola deve trabalhar em prol do mesmo propósito de ser sustentável, caso um dos processos esteja fora desse foco pode transformar toda uma produção sustentável numa produção não sustentável, ou seja, não basta um produtor agrícola utilizar somente as sementes modificadas se todos os outros processos não buscam preservar o meio ambiente (Krimsky, 2022).

Com isso, nota-se um pouco a respeito da dimensão da Biotecnologia e como essa área multidisciplinar vem evoluindo e pode contribuir para o desenvolvimento sustentável através dos mais variados bioprocessos.

## **4 METODOLOGIA**

Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica realizada a partir das bases de dados da Web of Science e Portal de Periódicos da CAPES. Adotou-se então alguns critérios para garantir que a seleção dos artigos estejam atrelados à Biotecnologia. A partir da delimitação dos critérios, toda a coleta, identificação, seleção e análise dos artigos pôde ser realizada (Marconi; Lakatos, 2017; Gil, 2022).

A coleta de dados realizou-se de agosto à novembro de 2022 nas bases mencionadas, atendendo os seguintes critérios: artigos publicados de 2017 a 2022, contendo nos campos título e/ou resumo e/ou conteúdo as palavras-chave em Inglês ou Português: biotecnologia; avanços; aplicações; bem como as cores das áreas da Biotecnologia.

Desse modo, a seleção completa de artigos das bases analisadas totalizou na quantidade de 115 artigos, nos quais foram exportados via arquivo RIS (arquivo contendo dados bibliográficos delimitados por tags), com isso possibilitando que o conteúdo bibliográfico obtido fosse analisado com o uso do software VOSviewer como forma de apresentar as aplicações do tema em questão a partir dos mapas criados pelo software com foco nos objetos de interesse da pesquisa (Eck; Waltman, 2023).

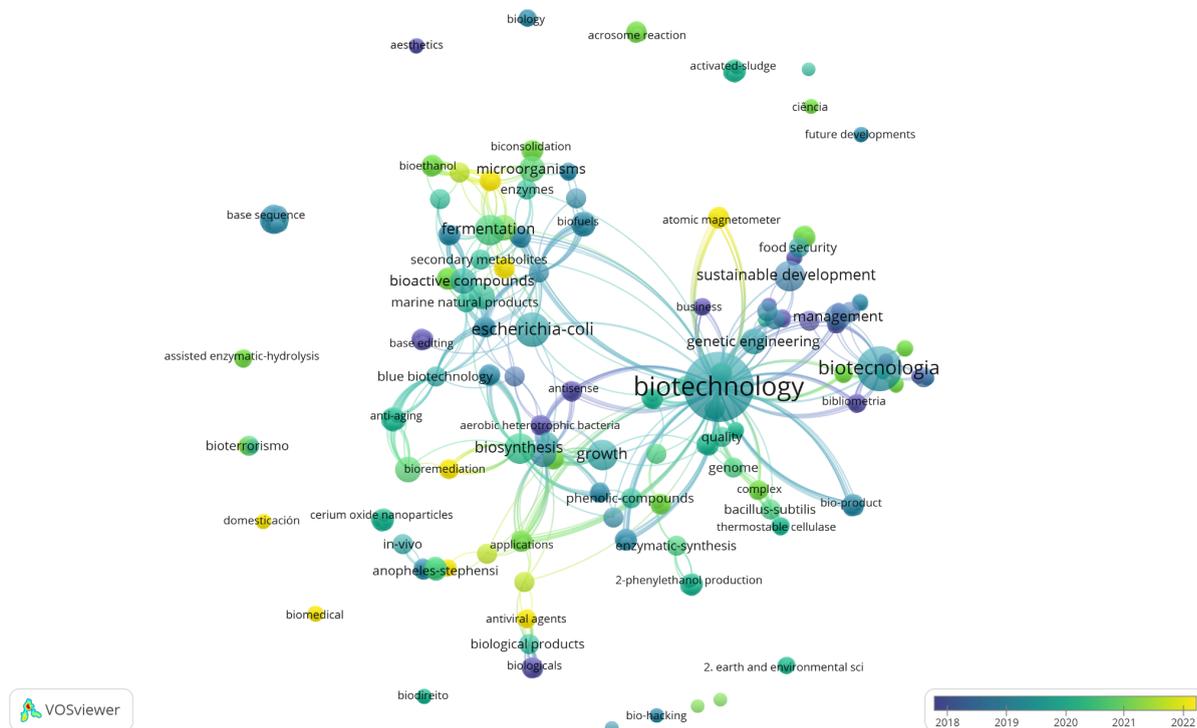
É válido salientar que os arquivos no formato RIS tiveram sua unificação realizada de forma manual, resultando num total de 685 palavras-chave dentre os 115 artigos selecionados, em testes iniciais.

## **5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Segundo Eck e Waltman (2010), o VOSviewer elabora mapas bibliométricos através da representação gráfica, possibilitando analisar com detalhes os dados e exibir mapas gerados de maneiras distintas de acordo com as configurações disponíveis. Com isso, tornou-se possível analisar as duas bases de dados a partir dos metadados encontrados no arquivo RIS, realizando portanto as análises possíveis utilizando esse formato de arquivo, a saber: análise de coocorrência de palavras-chave, tanto de ambas as bases ao mesmo tempo quanto das bases separadas, e análise de coocorrência de termos.

Em relação a coocorrência de palavras-chave, 685 palavras foram encontradas nos metadados pelo VOSviewer, porém, apenas 556 apresentaram uma conexão com as demais, contudo, todas foram consideradas para a análise subsequente apresentada na figura 1. É importante ressaltar que em análises observando as bases de dados separadamente foram atribuídas 178 palavras-chave para os artigos publicados no Portal Periódicos CAPES e 513 para Web of Science, representando uma perda de 6 palavras-chave para a análise unificada podendo ser explicada pelo preenchimento incorreto dos metadados pelos autores no momento de submissão do artigo.

Figura 1 - Coocorrência de palavras-chave



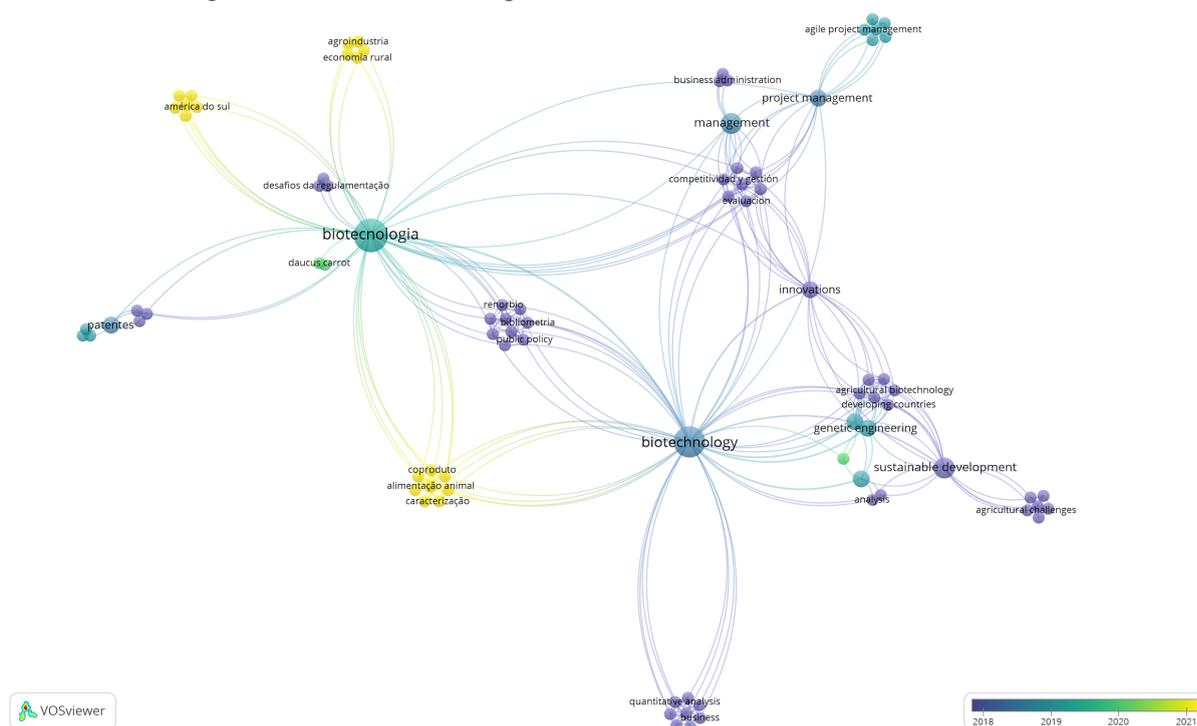
Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme resultado obtido, as palavras-chave mais utilizadas foram: Biotechnology (17), Biotecnologia (8), escherichia-coli (5), fermentation (4) e growth (4). As palavras-chave utilizadas no ano de 2022 distinguem-se em 8 clusters, representados pelas palavras: biomedical, domesticación, bioremediation, antiviral agents, aedes-aegypti 1, agro-waste, bioplastic e atomic magnetometer.

Demonstrando diversos campos distintos de atuação, desde temas voltados para a agricultura, passando pela sustentabilidade, bioplásticos, medicamentos, até chegar a aplicações no meio quântico/atômico como a espectroscopia por ressonância magnética nuclear (RMN). Nota-se também diversos termos de pesquisa separados das ligações centrais que remetem às palavras biotechnology e biotecnologia.

Dentro da análise de coocorrência ainda é válido notar as diferenças entre as bases de dados pesquisadas e quais os focos sustentáveis dos trabalhos presentes nas duas bases, portanto a figura 2 apresenta a coocorrência de palavras-chave relacionadas aos artigos exportados da base de dados do Portal Periódicos CAPES.

Figura 2 - Coocorrência de palavras-chave do Portal Periódicos CAPES



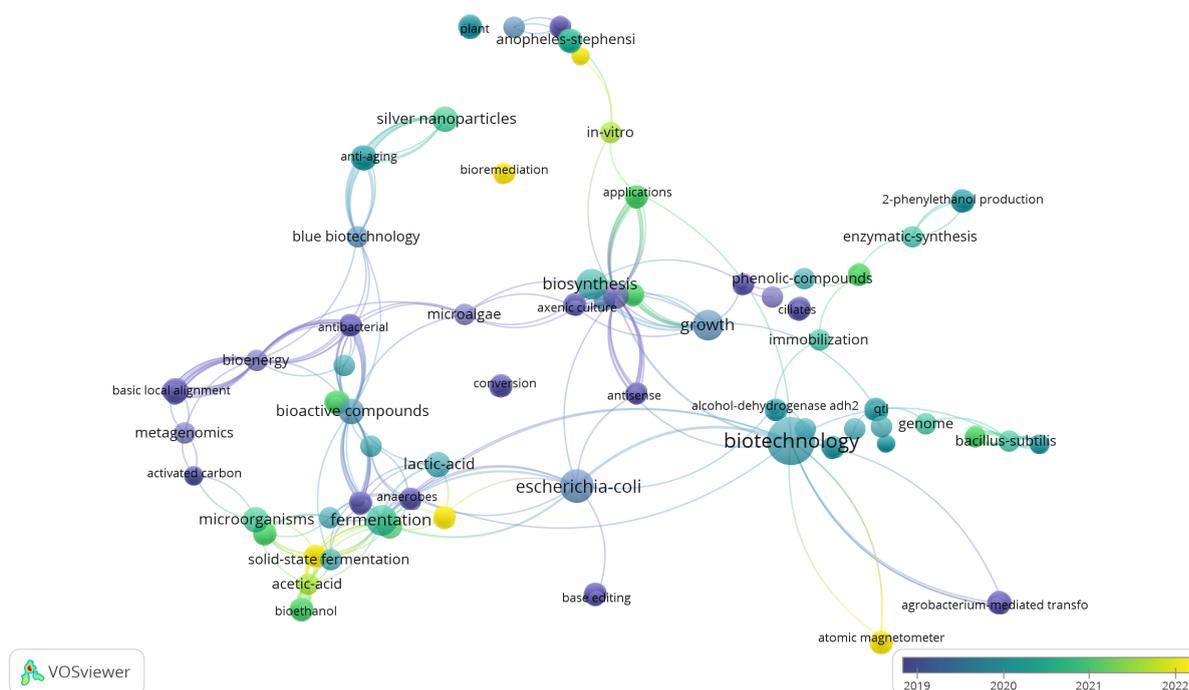
Fonte: Dados da pesquisa.

Com a análise dos artigos disponíveis no Portal Periódicos CAPES, por exemplo, nota-se que as palavras-chave mais utilizadas foram: Biotecnologia (8), Biotechnology (7), Sustainable development (3), Management (3) e Innovations (3). As palavras relacionadas ao desenvolvimento sustentável refletem-se nos anos 2018 a 2021 com as palavras: desenvolvimento sustentável, culturas geneticamente modificadas, culturas biotecnológicas, segurança alimentar, bioética, tecnologia verde, biotecnologia agrícola, agroindústria, bioeconomia, entre outras.

Verificando assim que as palavras analisadas condizem com as informações apresentadas por Singh (2017), uma vez que apresentam a mescla dos temas relacionados a sociedade, economia e meio ambiente.

A figura 3 apresenta a análise de coocorrência de palavras-chave exportadas da base de dados da Web of Science.

Figura 3 - Coocorrência de palavras-chave da Web of Science



Fonte: Dados da pesquisa.

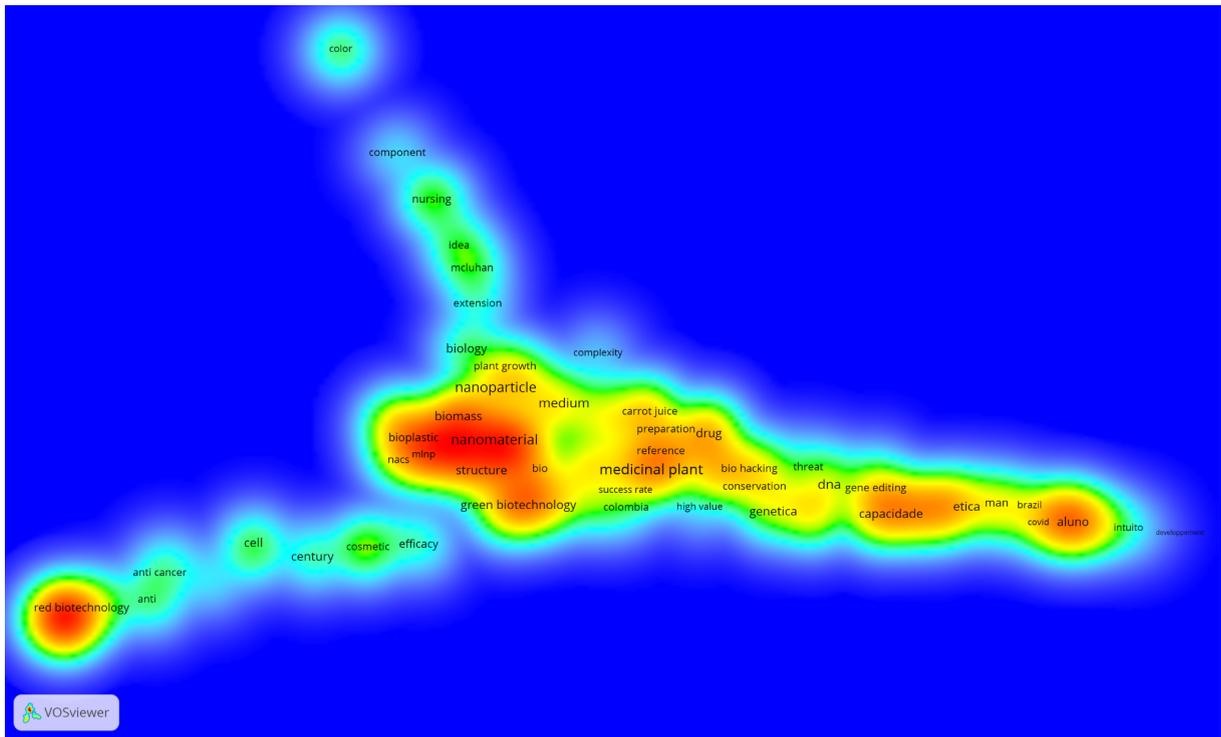
Por sua vez, os artigos presentes na Web of Science apresentam as seguintes palavras-chave mais utilizadas: Biotechnology (10), Escherichia-coli (5), Fermentation (4), Growth (4) e Biosynthesis (4). As palavras relacionadas ao desenvolvimento sustentável refletem-se nos anos 2019 a 2022 com as palavras: Biocombustíveis, biolipídeos, bioenzimas, resíduos da agroindústria, bioenergia, biossurfactante, bioplástico, biolimpieza, controle biológico, entre outras.

A figura 1 demonstrou as palavras-chave presentes nas duas bases de dados, enquanto as figuras 2 e 3 demonstraram de forma separada, CAPES e Web of Science respectivamente, como forma de observar as delimitações obtidas no presente trabalho. Enquanto a CAPES aborda diversos artigos produzidos no Brasil, com algumas indexações internacionais, a Web of Science reflete mais artigos dos demais países como China, Estados Unidos, Índia, entre outros, apresentando uma indexação rasa das publicações latino-americanas (CGEE, 2022).

Dessa forma, nota-se as diferenças entre as bases de dados pesquisadas, enquanto o Portal Periódicos CAPES tem por foco palavras-chave que são relacionadas a agroindústria, américa do sul, desafios de regulamentação, administração e desenvolvimento sustentável, demonstrando assim uma preocupação maior em analisar o que está sendo produzido, a base da Web of Science abrange artigos mais técnicos relacionados a aplicações específicas como o uso de enzimas, bactérias, compostos, produção de biocombustíveis e pesquisas nas áreas de cosméticos e medicamentos com uso de nanotecnologias, demonstrando assim o foco em pesquisas experimentais.

Para a análise de coocorrência de termos o software extrai os dados dos campos título e resumo, com isso foram encontrados ao todo 4132 termos, sendo selecionados somente aqueles que tivessem no mínimo 2 citações, o que resultou em 693. Para a classificação de relevância o software considera 60% dos termos, restando então 416 termos que resultaram em 13 clusters. Posteriormente para uma análise mais assertiva foram removidas as palavras de ligação (como, contudo, portanto, entre outras) que apareceram em análises preliminares. Obtendo o mapa de densidade demonstrado abaixo na figura 4.

Figura 4 - Coocorrência de termos



Fonte: Dados da pesquisa.

Diante da análise obtida, verificou-se que os termos mais utilizados foram: medicinal plant (12), nanomaterial (10), nanoparticle (10), attack (9) e gene (9). Os termos com maior grau de densidade dentro da análise são os campos referentes a: nanomaterial, red biotechnology, aluno, medicinal plant e green biotechnology. Cada um dos termos caracteriza um cluster diferente.

Verifica-se também a presença de palavras diferentes quando comparadas com a coocorrência de palavras-chave, como biocatálise, biomassa, biopolímero, tecnologia sustentável, secas que remete a palavra nanopartículas e crescimento de plantas, biossimilar, entre outras.

Observou-se ainda que nenhuma palavra do ano de 2022 esteve presente na figura 4, podendo indicar a baixa utilização dos termos pelos autores no ano em questão ou as possíveis tendências biotecnológicas conforme apresentado em alguns casos na figura 1 ao observar as palavras referentes ao ano em questão.

Dado os resultados obtidos através do VOSviewer no presente trabalho, definiu-se como critério complementar a análise dos artigos mais recentes dentre os selecionados e que estivessem atrelados à sustentabilidade. Com isso, possibilitando visualizar com mais detalhes como a Biotecnologia vem sendo empregada nos mais diversos campos de atuação com foco no desenvolvimento verde.

No campo dos bioprocessos, por exemplo, Solieri (2021) relata em sua pesquisa sobre as aplicações das leveduras *Zygosaccharomyces rouxii* e *bailli* usadas na fermentação de alimentos, produção de bioetanol, produtos químicos e produção de enzimas.

Outra bioaplicação no campo da sustentabilidade ocorre por meio do uso de bioindicadores (como os líquens ou alguns insetos que indicam a qualidade ambiental de onde estão inseridos), dessa forma demonstrando a importância do controle ambiental a fim de evitar danos a ecossistemas e proporcionar uma melhor qualidade de vida (Braz e Longo, 2021).

Os processos sustentáveis também estendem-se aos elementos marinhos, contribuindo para uma economia sustentável através dos agentes biodegradáveis e sustentáveis, pela utilização de ingredientes naturais como os biossurfactantes que reduzem os impactos ambientais quando aplicados nos campos da saúde, alimentos, cosméticos e para fins farmacêuticos (Anestopoulos *et al.*, 2020).

Ainda no campos dos biodegradáveis, Kawaguchi *et al.* (2021) apontam para os avanços na produção de bioplásticos com o uso da biomassa lignocelulósica (obtida de resíduos agrícolas fermentados), como forma de fornecer um plástico com propriedades melhores de resistência ao calor e decomposição mais rápida.

Enquanto Gomoiu *et al.* (2021), centralizam seu estudo no uso de biotecnologias verdes voltadas aos campos da bio restauração e bioconsolidação, principalmente no uso das mesmas em obras de arte e monumentos. Dessa forma, demonstrando a utilização de microorganismos como ferramentas de restauração e proteção, diminuindo o uso de produtos químicos que podem ser tóxicos.

A aplicação da Biotecnologia no campo da agricultura também se faz presente através da proposta do uso de algas e microalgas para reduzir o uso de pesticidas e fertilizantes, ao mesmo tempo que esse método proporciona melhorias em relação à frutificação, a incorporação de nutrientes, resistência a pragas, doenças e resistência a secas. Apontando para um desenvolvimento futuro da agricultura reduzindo impactos ambientais e melhorias nos alimentos, conforme relatado por Berthon *et al.* (2021).

De acordo com as informações obtidas tanto através do software VOSviewer quanto através da análise dos artigos, percebe-se a multidisciplinaridade da Biotecnologia e o potencial que esse campo de estudo trás consigo, demonstrando-se essencial para o desenvolvimento sustentável mas que ao mesmo tempo necessita de mais pesquisas e de toda a devida atenção quanto a legislação vigente a fim de que se possa evitar problemas futuros, principalmente no tocante relacionado aos avanços tecnológicos recentes decorrentes da aplicação da Biotecnologia em todos esses campos de atuação.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho apresenta as aplicações sustentáveis relacionadas à Biotecnologia, com base nas produções científicas disponíveis. Este trabalho tem por limitação à exportação dos metadados dos artigos selecionados no formato RIS, dessa forma não possibilitando a utilização de todas as opções de análise disponíveis no software devido a falta de compatibilidade com o formato do arquivo descrito, mas em contrapartida possibilita a análise de ambas as bases de dados selecionadas.

É válido ressaltar que os trabalhos selecionados e analisados correspondem aos pontos evidenciados por Brundtland (1991) e Singh (2017), uma vez que notam-se trabalhos em ambas as bases de dados atrelados aos campos da sociedade, economia e meio ambiente, com foco no desenvolvimento sustentável, provendo dessa forma as necessidades da geração atual e garantindo a conservação de recursos para as gerações futuras. Conta ainda com temas relacionados à gestão dos resíduos agroindustriais, além da proteção e monitoramento do meio ambiente com as mais diversas aplicações biotecnológicas.

Em relação às pesquisas indexadas nas bases analisadas, é possível verificar a distinção entre os temas, desde a diferença quanto a disponibilização do material científico, quanto a indexação de periódicos e acervos científicos, principalmente no viés geográfico, uma vez que o Portal Periódicos CAPES detém foco em publicações brasileiras, enquanto a Web of Science disponibiliza periódicos e trabalhos científicos de todo o mundo, portanto, observa-se as diferenças quando comparados os temas de pesquisa.

Para próximas pesquisas, se propõe um foco maior em como as redes de inovação tem impactado a Biotecnologia dentro dos setores sustentáveis, seja no âmbito acadêmico ou industrial, além de avaliar quais os focos de bioaplicações sustentáveis esses pesquisadores estão explorando e verificar quais as estratégias utilizadas para as trocas nos campos da cocriação de valor ou transferência tecnológica.

## REFERÊNCIAS

ABREU, W. F. de et al. Estudo Prospectivo Sobre a Aplicação da Biorremediação na Aquicultura. *Cadernos de Prospecção*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 262–277, 2023. DOI: 10.9771/cp.v16i1.49089. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/49089>>. Acesso em: 2 set. 2023.

ALVES, L. C.; COSTA, H. S. Ensino de biotecnologia: Um panorama de suas abordagens no país da biodiversidade. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 7, n. 2, p. 816–835, nov. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3669>>. Acesso em: 30 dez. 2022.

ANESTOPOULOS, I. et al. Marine-Derived Surface Active Agents: Health-Promoting Properties and Blue Biotechnology-Based Applications. *BIOMOLECULES*, vol. 10, ed. 6, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/biom10060885>. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000550864200001>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

ANICETO, A. P. P.; IRAZUSTA, S. P. Biorremediação de solos contaminados com chumbo: revisão. *Brazilian Journal of Business*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 40–52, 2023. DOI: 10.34140/bjbv5n1-003. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/56134>>. Acesso em: 2 set. 2023.

BERTHON, J-Y. et al. Seaweed and microalgae as major actors of blue biotechnology to achieve plant stimulation and pest and pathogen biocontrol – a review of the latest advances and future prospects. *The Journal of Agricultural Science*, vol. 159, ed. 7-8, p. 523-534, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859621000885>. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000728458600001>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BRAZ, S. N.; LONGO, R. M. Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, [S. l.], v. 2, p. 1–21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24220/2675-7885v2e2021a5198>. Disponível em: <<https://periodicos.puc-campinas.edu.br/sustentabilidade/article/view/5198>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

BRUNDTLAND, G. H. *Nosso futuro comum*. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Getulio Vargas, 1991. Disponível em:

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod\\_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2023.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Boletim anual OCTI, v. 3, jun. 2023. Disponível em: <[https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/CGEE\\_OCTI\\_Boletim\\_Anual\\_do\\_OC TI\\_2022.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/CGEE_OCTI_Boletim_Anual_do_OC TI_2022.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2023.

DASILVA, E. J. The Colours of Biotechnology: Science, Development and Humankind. *Electron. J. Biotechnol.*, v. 7, n. 3, p. 01-02, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-34582004000300001&lng=e s&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-34582004000300001&lng=e s&nrm=iso)>. Acesso em: 25 jul. 2023.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, p. 523-538, 2010. doi: <<https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>>. Disponível em: <https://rdcu.be/dgZvC>. Acesso em: 17 jul. 2023.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. VOSviewer Manual. Universiteit Leiden, 2023. Disponível em: <[https://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.19.pdf](https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.19.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FERRO, A. C.; PAIXÃO, A. K. L.; SILVA, J. A. da. Agricultura Transgênica como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável e Econômico. *Diversitas Journal*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 2827–2838, 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i2-1775. Disponível em: <[https://diversitasjournal.com.br/diversitas\\_journal/article/view/1775](https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1775)>. Acesso em: 3 set. 2023.

FONTES, A. C. R. Transferência de biotecnologia. *Revista Interdisciplinar do Direito - Faculdade de Direito de Valença*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 12–47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24859/RID.2020v18n2.923>. Disponível em: <[https://rnp-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN\\_cdi\\_crossref\\_primary\\_10\\_24859\\_RID\\_2020v18n2\\_923](https://rnp-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN_cdi_crossref_primary_10_24859_RID_2020v18n2_923)>. Acesso em: 16 dez. 2022.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. L.; MANFIO, G. P. Biorremediação. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n. 34, p. 36-43, 2005. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4144372/mod\\_resource/content/1/Biorremediacao%20C%20A7a%20CC%83o%20-%20Artigo%201.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4144372/mod_resource/content/1/Biorremediacao%20C%20A7a%20CC%83o%20-%20Artigo%201.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2023.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 7 ed. Barueri, São Paulo: Atlas, 2022.

GOMOIU, I. et al. GREEN BIOTECHNOLOGIES USED IN THE RESTORATION OF MURAL PAINTING AND LITHIC SUPPORT: REVIEW. *ROMANIAN JOURNAL OF MATERIALS*, vol. 51, ed. 4, p. 495-504, 2021. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000735439000003>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

HLPE. Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i3901e/i3901e.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2023.

KAFARSKI, P. Rainbow code of biotechnology. *Chemik*, v. 66, p. 814–816, jan. 2012.

KAWAGUCHI, H. et al. Recent advances in lignocellulosic biomass white biotechnology for bioplastics. *Bioresource Technology*, vol. 344, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126165>. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000719948700009>>. Acesso em: 16 fev. 2023.

KRIMSKY, S. Sustainable GMOs: An Oxymoron?. *GTI Forum Technology and the Future. Great Transition Initiative* (February 2022). Disponível em: <<https://greattransition.org/gti-forum/tech-future-krimsky>>. Acesso em: 03 set. 2023.

LOURENÇO, D. A. 4 Redes de Biotecnologia no Brasil. *Blog do Profissão Biotec*, v.8, abril/2021. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/4-redes-de-biotecnologia-no-brasil/>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

MACEDO, C. et al. MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DOS PROCESSOS DE BIORREMEDIAÇÃO: UMA ANÁLISE NO CONTEXTO DA BIOTECNOLOGIA SUSTENTÁVEL. *Cadernos de Prospecção*, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 450, 2015. DOI: 10.9771/s.cprosp.2015.008.050. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/11620>>. Acesso em: 2 set. 2023.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. - 5. ed. - São Paulo : Atlas, 2003.

MORAES, F. N.; MONTALVÃO NETO, A. L.; MORAIS, W. R. O não-lugar da biotecnologia e a pandemia da Covid-19 no Brasil. *Gláuks - Revista de Letras e Artes*, [S. l.], v. 21, n. 01, p. 303–326, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47677/gluks.v21i01.219>. Disponível em: <[https://rnp-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN\\_cdi\\_crossref\\_primary\\_10\\_47677\\_gluks\\_v21i01\\_219](https://rnp-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN_cdi_crossref_primary_10_47677_gluks_v21i01_219)>. Acesso em: 19 dez. 2022.

ONU. CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 1992. Disponível em: <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

PINTO, J. M.; SILVA, M. B.; CASSINI, S. T. Políticas públicas no Brasil: desafios, potencialidades e oportunidades no contexto da biotecnologia ambiental. *Agrariae Liber*, v.4, n.1, p.19-27, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6476.2022.001.0002>. Disponível em: <<https://www.sapientiae.com.br/index.php/agrariaeliber/article/view/188>>. Acesso em: 02 set. 2023.

SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 70, p. 07–17, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000300002>.

Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/3RNnxCZQTvWPQZ5kYYnKp6C/?lang=pt>>. Acesso em: 01 set. 2023.

SINGH, R. L. Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future, Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future. Springer, Singapore, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1866-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1866-4_1)

SOLIERI, L. The revenge of Zygosaccharomyces yeasts in food biotechnology and applied microbiology. WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY, vol. 37, ed. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03066-7>. Disponível em: <<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000695934200001>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

UN. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 01 set. 2023.

---

1. Este trabalho é resultado do desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado “APLICAÇÕES E AVANÇOS DA BIOTECNOLOGIA: uma revisão bibliográfica”, vinculado ao Programa de Iniciação Científica na Graduação da USCS - (PIC/G-USCS). Os autores agradecem o auxílio PIBIC concedido pelo CNPq a referida pesquisa.