

UM PANORAMA DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL NO BRASIL

Márcio Nannini da Silva Florêncio – marcio_nannini@hotmail.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Ana Karla de Souza Abud – ana.abud@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Benedita Marta Gomes Costa – martagcosta@hotmail.com

Curso de Administração – Universidade Estadual Vale do Acaraú

Antonio Martins de Oliveira Junior – amartins.junior@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Resumo—A biotecnologia ambiental é responsável por gerar soluções tecnológicas para os problemas do meio ambiente, promovendo a conservação e o desenvolvimento sustentável da biodiversidade. Este estudo objetivou analisar a produção tecnológica em biotecnologia ambiental no Brasil. A metodologia da pesquisa pode ser classificada como descritiva com abordagem quantitativa, sendo os dados coletados no banco de patentes brasileiro. Os resultados da pesquisa evidenciaram que em mais de uma década (2007 a 2018) ocorreu um baixo número de concessões de patentes na área, com um período médio de concessão de 9,6 anos. Por outro lado, os principais titulares de patentes foram empresas privadas, sugerindo que os novos processos de biorremediação gerados possuem potencial significativo para gerarem inovações tecnológicas. Sugerem-se trabalhos futuros voltados ao mapeamento da transferência de tecnologia envolvendo este setor.

Palavras-chave— Análise de patentes, biotecnologia ambiental, inovação tecnológica, desenvolvimento sustentável.

Abstract— Environmental biotechnology is responsible for generating technological solutions to environmental problems, promoting the conservation and sustainable development of biodiversity. This study aimed to analyze the technological production in environmental biotechnology in Brazil. The research methodology can be classified as descriptive with a quantitative approach, being those collected in the Brazilian patent database. The results of the research showed that in more than a decade (2007 a 2018) there was a low number of patent concessions in the area, with an average concession period of 9.6 years. On the other hand, the main patent holders were private companies, suggesting that the new bioremediation processes generated have significant potential to generate technological innovations. Future work on the mapping of transfer of technology involving this sector.

Keywords— environmental biotechnology, patent analysis, technological innovation, sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

O impacto da ação humana no meio ambiente traz consequências graves, generalizadas e duradouras. Uma série de desastres ambientais tem ocorrido em todo o mundo, a exemplo do vazamento em Bhopal, em 1984 na Índia, a explosão de Chernobyl, em 1986 na Ucrânia, e, mais recentemente, no Brasil com rompimento das barragens de Mariana em 2015 e Brumadinho em 2018 (GONÇALVES, 2017).

Esses grandes desastres ambientais trazem poluição, contaminação e esgotamento de recursos naturais, afetando negativamente a biodiversidade, a saúde humana, a economia e a agricultura. Pott e Estrela (2017) observaram que as políticas públicas ambientais no mundo têm se caracterizado por mobilizações e a tomada de decisão com enfoque na remediação e pouca atenção foi dada à prevenção e à precaução.

Nessa linha, a biotecnologia ambiental ganha relevância dado o seu grande potencial para contribuir com a prevenção, detecção e remediação da poluição ambiental e a degradação de resíduos, promovendo a proteção ambiental integrada e associada ao desenvolvimento sustentável (SINGH, 2017).

Em 2007, o governo brasileiro instituiu, por meio da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (PDB), a biotecnologia ambiental com o intuito de gerar soluções tecnológicas para área ambiental, mediante a conservação e o desenvolvimento sustentável da biodiversidade.

Levando em consideração que a biotecnologia ambiental se apresenta como uma área estratégica para o desenvolvimento sustentável nacional, o presente estudo teve como objetivo geral analisar a produção tecnológica em biotecnologia ambiental no Brasil. Especificamente, buscou-se analisar a evolução temporal da produção tecnológica, traçar o perfil dos titulares das patentes e verificar como se dá a interação dos códigos da Classificação Internacional de Patente (CIP) no assunto abordado.

2 BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

A Sociedade Internacional de Biotecnologia Ambiental define a biotecnologia ambiental como o desenvolvimento, uso e regulação de sistemas biológicos para remediação de ambientes contaminados e para o desenvolvimento de processos ecológicos, incluindo tecnologias verdes e desenvolvimento sustentável (ISEB, 2017).

De acordo com Ivanov e Hung (2010), a biotecnologia ambiental pode ser compreendida como um sistema científico e de conhecimento de engenharia relacionado ao uso de microrganismos e seus produtos na prevenção, tratamento e monitoramento da poluição ambiental através do biotratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, biorremediação de ambientes poluídos e biomonitoração e processo de tratamento do meio ambiente. Os autores afirmam ainda que algumas das principais aplicações da biotecnologia ambiental estão ligadas à biodegradação da matéria orgânica, à desintoxicação de substâncias perigosas em águas residuais industriais e ao desenvolvimento de testes de toxicidade e patogenicidade, biossensores e biochips para monitorar a qualidade do meio ambiente, entre outros.

Kalogerakis et al. (2015) enfatizam que a biotecnologia ambiental desempenha um papel decisivo na resolução de problemas ambientais marinhos. Para os autores, a biotecnologia ambiental pode fornecer conhecimentos e ferramentas importantes, auxiliando a base de recursos de que dependem as atividades econômicas e sociais relacionadas ao mar. Desta forma, eles ressaltam que a biotecnologia ambiental pode contribuir para: (1) o desenvolvimento de bioferramentas de alerta precoce para avaliar o estado de saúde do ecossistema (biomarcadores); (2) o tratamento de águas residuais salinas da indústria de agricultura; (3) novos agentes de biorremediação para o controle de vazamento de óleos; (4) o monitoramento integrativo de poluentes, microplásticos, patógenos e biotoxinas em espécies em sentinelas; (5) entre outros.

Em consonância ao exposto acima, a PDB lista a biotecnologia ambiental como área estratégica com vistas a estimular a sustentabilidade ambiental da produção agrícola e industrial brasileira, por meio do

desenvolvimento de tecnologias que visem um tratamento adequado dos resíduos e a prospecção e uso de bioativos da biodiversidade no país (BRASIL, 2007).

Foram traçadas áreas prioritárias para o setor (Quadro 1) sob a diretriz de promover ações que visem o estabelecimento de um ambiente adequado para o desenvolvimento de produtos e processos inovadores para o tratamento de resíduos e efluentes, o tratamento da contaminação ambiental, a recuperação de áreas degradadas, a conservação de espécies, o controle de espécies exóticas invasoras e para geração de bioenergia, de forma a estimular a qualidade ambiental, a redução de impactos ao meio ambiente, a conservação e recuperação da biodiversidade, entre outros (BRASIL, 2007).

QUADRO I
ÁREAS PRIORIZADAS DA BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL NO BRASIL

Área	Objetivos específicos
Tratamento de resíduos e efluentes	Desenvolver novas aplicações tecnológicas para uso em biorremediação para o tratamento de resíduos, biofiltração para tratamento de resíduos industriais e bioestabilização; desenvolver aplicações de fitorremediação para o tratamento de efluentes; etc.
Tratamento de contaminação ambiental	Desenvolver tecnologias limpas capazes de promover a manutenção e recuperação da qualidade ambiental em sintonia com as necessidades tecnológicas de mercado que norteiam os processos produtivos internacionais; desenvolver produtos e processos para descontaminação de derramamentos de petróleo, produtos perigosos, incluindo agrotóxicos e resíduos refratários; etc.
Técnicas de recuperação ambiental	Desenvolver e adaptar tecnologias com utilização de espécies nativas para recompor e restaurar habitats originais em áreas degradadas de diferentes ecossistemas.
Conservação de espécies	Desenvolver tecnologias capazes de promover a conservação das espécies brasileiras; adaptar e ampliar o uso de técnicas para conservação in vitro; desenvolver e adaptar técnicas para identificação de diversidade genética e taxonomia; etc.
Bioativos da biodiversidade brasileira	Desenvolver tecnologias para prospecção e desenvolvimento de novos produtos e processos industriais a partir da biodiversidade; desenvolver tecnologias para inserção de componentes da biodiversidade na diversificação de produtos alimentares e na promoção da qualidade nutricional; outros.

Fonte: Brasil (2007).

Para Jesus (2010) a biotecnologia ambiental representa uma grande oportunidade para o Brasil enfrentar os desafios cada vez maiores da degradação do meio ambiente, podendo atuar em três momentos: prevenindo, monitorando e restaurando. Os processos da biotecnologia ambiental levam em consideração cinco elementos básicos, tais como o composto tóxico, o meio ambiente em que o composto se concentra, as características do local, o agente biológico que conduzirá a biodegradação e as condições do processo (CAMMAROTA, 2013).

3 METODOLOGIA

Este estudo trata de uma pesquisa exploratória e levantamento de dados secundários junto ao banco de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). A coleta dos dados, realizada em junho de 2019, foi conduzida no campo pesquisa avançada com uso dos 30 códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) em biotecnologia sugeridos pela OECD (2005).

A segunda etapa da pesquisa consistiu na leitura dos documentos coletados a fim de extrair apenas as patentes que se enquadravam nas áreas de biotecnologia ambiental definidas na PDB. Posteriormente, fez-se a recuperação manual dos dados estruturados contidos nos documentos de patentes concedidas entre 2007 a

2018.

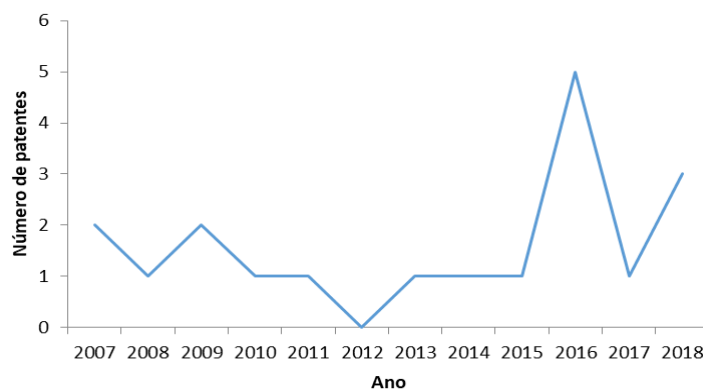
Cabe ressaltar que o recorte temporal dos dados leva em consideração a aprovação da PDB no Brasil em 2007. Os dados coletados foram analisados por meio de estatística descritiva com o auxílio do *software* Excel®, observando as características da produção tecnológica da biotecnologia ambiental no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos critérios estabelecidos na metodologia desta pesquisa, foi possível a recuperação de um total de 19 patentes em biotecnologia ambiental concedidas no período de 2007 a 2018 pelo INPI.

A Figura 1 mostra a evolução temporal da produção tecnológica em biotecnologia ambiental no Brasil no período analisado. É possível constatar que essa produção apresenta uma distribuição com poucas oscilações quantitativas, compreendendo uma média de aproximadamente uma concessão por ano. O ano de 2016 foi o mais fértil em produção, enquanto o ano de 2012 não apresentou patentes concedidas. Cabe ressaltar que Macedo et al. (2015) identificaram uma tendência de crescimento mundial no número de depósitos na área. Em função disso, o baixo número de patentes pode ser explicado, em parte, pela demorada do INPI em analisar os registros de patentes.

Figura 1 – Evolução temporal da produção tecnológica em biotecnologia ambiental no Brasil (2007-2018)



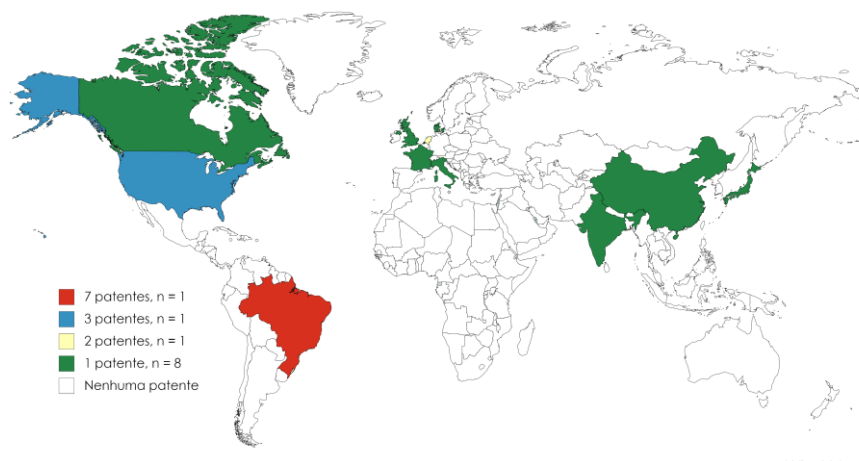
Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Com relação ao tempo para concessão de patente na área de biotecnologia ambiental, verificou-se uma média de 9,6 anos, sendo que os documentos por não residentes exibem uma média de análise maior (9,9 anos) do que as patentes por residentes (9 anos).

A Figura 2 ilustra a distribuição das patentes concedidas em biotecnologia ambiental por país de origem. Nota-se que a maioria das patentes pertence a países situados nos continentes da América (58%) e Europa (32%).

Dentre os principais países detentores de documentos de patentes em biotecnologia ambiental no Brasil, apenas os Estados Unidos estão entre os maiores depositantes de tecnologias de biorremediação no mundo (MACEDO et al., 2015). Brasil, Estados Unidos e Holanda são os três maiores titulares de biotecnologias ambientais possuindo, respectivamente, 37%, 16% e 11% do total de documentos de patentes concedidos no país. Todavia, os números de documentos de patentes em biotecnologia ambiental desses países correspondem a aproximadamente 7%, 1% e 4%, nesta ordem, do total de patentes concedidas em biotecnologia no Brasil, indicando um interesse maior destas nações por outras áreas da biotecnologia (FLORENCIO, 2018).

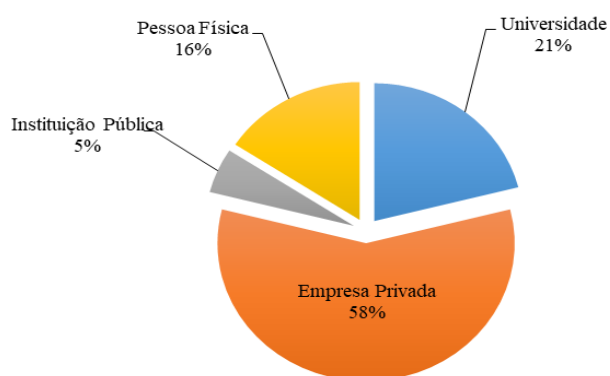
Figura 2 – Mapa dos países de origem com patentes concedidas em biotecnologia ambiental no Brasil (2007-2018)



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O número de titulares de patentes em biotecnologia ambiental no Brasil corresponde a 17 atores distintos entre organizações e pessoas físicas, sendo que todos apresentam entre um ou duas patentes concedidas. Em relação ao perfil destes titulares (Figura 3), constatou-se que a maioria é empresa privada (58%), seguida por universidade (21%), pessoa física (16%) e instituição pública (5%). A maioria dos titulares (63%) é estrangeira, com destaque para as empresas privadas. Por outro lado, grande parte das patentes por residente pertence às universidades públicas.

Figura 3 – Perfil dos titulares de patentes em biotecnologia ambiental no Brasil (2007-2018)



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Os principais titulares de patentes em biotecnologia ambiental identificados no estudo foram a Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), maior empresa de petróleo e gás do Brasil, a Novozymes e a empresa holandesa Paques, com 11% cada. Estas organizações têm patenteado na sua maioria tecnologias de biorremediação.

Ao todo foram contabilizados 63 inventores com uma média de 3,6 inventores para cada documento patente. Boa parte deles (92%) possui somente uma patente, enquanto a minoria (8%) detém duas. O máximo de coinvenção identificado foi de 9 inventores e o mínimo de 1 único inventor por documento. A patente PI

As seções C e A aparecem como as áreas de maiores destaques, com percentuais de 93% e 20%, respectivamente, em relação ao total de patentes recuperadas. É importante destacar que as invenções em biotecnologia ambiental compreendem uma média de aproximadamente três códigos por documento.

Por meio do mapeamento das palavras citadas nos títulos documentos de patentes em biotecnologia ambiental no Brasil (Figura 5), notou-se que os termos mais frequentes foram tratamento (60%), processo (53%), efluente (33%), método (33%) e água (33%).

Word cloud visualization of the 100 most frequent terms in the corpus. The words are arranged in a circular pattern, with the most frequent terms in the center and less frequent terms towards the periphery. The colors of the words correspond to the categories defined in the legend.

851



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Camarrote (2013) observou que a biotecnologia ambiental é uma área de conhecimento multidisciplinar possuindo aspectos normativos, legislativos, científicos e tecnológicos com impactos econômicos e sociais importantes. Essa natureza multidisciplinar foi observada na análise dos códigos CIP (Figura 4) e na citação das palavras (Figura 5).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um panorama da produção tecnológica em biotecnologia ambiental no Brasil. Em mais de uma década (2007 a 2018) foi possível identificar um baixo número de tecnologias, com uma média 1,6 patentes concedidas, sendo o tempo médio para concessão dessas patentes elevado (9,6 anos). Essa demora representa um longo período de insegurança jurídica para os depositantes de patentes na área.

A maioria das biotecnologias ambientais é de titularidade de empresas privadas, que se situam no mercado, indicando que estas biotecnologias têm grandes chances gerarem inovações tecnológicas. Também foi possível notar um número significativo de patentes pertencentes às universidades brasileiras, sugerindo a necessidade de estudos voltados ao mapeamento das transferências de tecnologias envolvendo o setor.

Em relação às subáreas tecnológicas, as seções de química e necessidades humanas predominam no tema. As patentes identificadas no estudo tratam na sua maioria de tecnologias estabelecidas e/ou emergentes, com destaque para os processos de biorremediação com o uso de microrganismos visando reduzir a contaminação e poluição do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto n. 6.041, de 08 de fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de fevereiro de 2007.

CAMMAROTA, M. C. **Biotecnologia Ambiental**. 2013. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/docentes/magalicammarota/2013/apostila_eqbB365.pdf>. Acessado em: 17 ago. 2019.

FLORENCIO, M. N. S. **Análise da Produção, Proteção e Colaboração Tecnológica da Biotecnologia no Brasil sob o Enfoque das Áreas Setoriais**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Propriedade Intelectual). Programa de Pós-graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

GONÇALVES, D. P. Principais desastres ambientais no Brasil e no mundo. **Jornal da Unicamp**, Campinas, 01 dez. 2017. Especial.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY (ISEB). Home - **Environmental biotechnology**. Disponível em: <<http://www.environbiotech-iseb.org/>>. Acessado em: 17 ago. 2017.

IVANOV, V.; HUNG, Y-T. Applications of Environmental Biotechnology. In: Wang, L. K; IVANOV, V.; TAY, J-H.; HUNG, T-T. (Org.). **Environmental Biotechnology**. New York: Springer Science & Business Media, v. 10, p. 1-17.

JESUS, K. R. E. **Biotecnologia ambiental: aplicações e oportunidades para o Brasil**.

KALOGERAKIS, N.; ARFF, J.; BANAT, I. M.; BROCH, O J.; DAFFONCHIO, D.; EDVARDSSEN, T.; EGUIRAUN, H.; GIULIANO, L.; HANDÅ, A.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, K.; MARIGOMEZ, I.; MARTINEZ, I; ØIE, G.; ROJO, F.;

SKJERMO, J.; ZANAROLI, G.; FAVA, F. The role of environmental biotechnology in exploring, exploiting, monitoring, preserving, protecting and decontaminating the marine environment. **New Biotechnology**, v. 32, n. 1, p. 157-167, 2015.

MACEDO, C.; ANGELI, R. OLIVEIRA, S. D. de; CARMO, F. L. do. Mapeamento tecnológico dos processos de biorremediação: uma análise da biotecnologia sustentável. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 3, p. 450-458, jul/set. 2015

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **A Framework for Biotechnology Statistics**. 2005. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/sci-tech/34935605.pdf>>. Acessado em: 25 mai. 2017.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

SINGH, R. L. Introduction to Environmental Biotechnology. In: **Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future**. Singapore: Springer, 2017. p. 1-12.