



ASPECTOS TAXONÔMICOS DA BIOPROSPECÇÃO NO BRASIL: TENDÊNCIA CIENTÍFICA

Samylla Tassia Ferreira de Freitas^{1}, Marcelino Benvindo-Souza², Leonice Oliveira Teodoro¹, Marcela Melo Peres Goulart¹, Tainara Furtado Eler Pinto¹, Maryana Oliveira Azevedo¹, Alisson Montanheiro Valentim¹, Paulo Sérgio Pereira¹, Lia Raquel de Souza Santos¹ & Fábio Henrique Dyszy¹*

¹Instituto Federal Goiano, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação. Rua do Pequi, 917 - 1047, Lot. Gameleira, CEP 75906-750, Rio Verde, GO, Brasil.

²Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Laboratório de Mutagênese, Instituto de Ciências Biológicas. Av. Esperança, s/n - Chácaras de Recreio Samambaia, CEP: 74690-900, Goiânia, GO, Brasil.

E-mails: samylla.freitas@ifgoiano.edu.br (*autor correspondente); marcelinobenvindo@gmail.com; leoniceoliveira1212@hotmail.com; marcelamelorc7@gmail.com; tainara-eler@hotmail.com; maryanaazevedo84@hotmail.com; alissonvalentim@hotmail.com; paulo.pereira@ifgoiano.edu.br; lia.santos@ifgoiano.edu.br; fabio.dyszy@ifgoiano.edu.br

Resumo: A bioprospecção de metabólitos secundários é um preditor chave para o crescimento econômico e desenvolvimento de um país. No presente estudo, revisamos a tendência da bioprospecção no Brasil focada em grupos taxonômicos. Foram utilizados dados publicados em duas renomadas bases de dados, a *Web of Science* e a *Scopus*. Os estudos com esse tópico foram publicados entre 2004 e 2018, cujos táxons, plantas, microrganismos, insetos, esponjas e anfíbios foram bioprospectados, demonstrando crescimento significativo do número de publicações ($R^2 = 0,77$; $N = 67$; $p = 0,0006$) ao longo dos anos. Como já se esperava, as plantas dominaram o cenário das citações nas pesquisas, sendo o grupo mais bem conhecido ($R^2 = 0,71$; $N = 40$; $p = 0,002$), em decorrência do Brasil possuir a maior riqueza de espécies vegetais do mundo com possibilidades de forte uso farmacológico. O aumento dos trabalhos, com destaque para o reino Plantae, maximizou a aplicação biotecnológica voltada à indústria farmacêutica. Microrganismos, incluindo algas, bactérias e fungos também demonstraram aumento significativo do número de publicações ($R^2 = 0,81$; $N = 34$; $p = 0,0002$). Em relação às aplicações biotecnológicas de pesquisas com atividades de bioprospecção no Brasil, foi observado que a indústria farmacêutica foi responsável, no período considerado, pela maior parte das investigações (72,9 %), seguido pela agricultura (12,8 %), indústria bioenergética (5,7 %), biorremediação (4,3 %) e indústria de alimentos (4,3 %). Os dados indicam um cenário promissor na bioprospecção do país, entretanto, insetos, esponjas e anfíbios tiveram um número baixo de trabalhos publicados, impossibilitando uma análise temporal.

Palavras-chave: biodiversidade; recursos genéticos; biotecnologia; conservação.

TAXONOMIC ASPECTS OF BIOPROSPECTION IN BRAZIL: SCIENTIFIC TREND: Bioprospecting of secondary metabolites is a key predictor for economic growth and development of a country. In the present study, we reviewed the trend of bioprospecting in Brazil focused on taxonomic groups. We use data published in the Web of Science and Scopus. Studies with this topic were published between 2004 and 2018, whose taxa, plants, microorganisms, insects, sponges, and amphibians were bioprospected, demonstrating significant

growth in the number of publications ($R^2 = 0.77$; $N = 67$; $p = 0.0006$). As expected, plants dominated the citations scenario in the surveys, being the most well-known group ($R^2 = 0.71$; $N = 40$; $p = 0.002$), as a result of Brazil having the greatest species richness of plants in the world with great pharmacological use. The increase on the number of studies, especially in the kingdom Plantae, maximized the biotechnological applicability in the pharmaceutical industry. Microorganisms, including algae, bacteria and fungi also showed a significant increase in the number of publications ($R^2 = 0.81$; $N = 34$; $p = 0.0002$). Regarding the biotechnological applications of bioprospecting research in Brazil, the pharmaceutical industry accounted for the majority of the investigations (72.9 %), followed by agriculture (12.8 %), bioenergy industry (5.7 %), bioremediation (4.3 %), and food industry (4.3 %). The data indicate a promising scenario in the country's bioprospecting; however, insects, sponges and amphibians had a low number of published studies, making it impossible to perform a temporal analysis.

Keywords: biodiversity; genetic resources; biotechnology; conservation.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior diversidade biológica do planeta e abriga entre 15 e 25 % de toda biodiversidade mundial conhecida (Russo *et al.* 2014, Joly 2011). A diversidade biológica possui grande importância para atividades de bioprospecção voltadas à aplicabilidade tecnológica, possibilitada pela grande riqueza de espécies vegetais, animais e de microrganismos (Oliveira *et al.* 2015, Saccaro Junior 2011). A aplicação tecnológica com utilização de sistemas biológicos, tais como organismos vivos ou derivados, consiste em fabricar, modificar produtos ou desenvolver processos para utilização específica (CDB 1992). Diante disso, as atividades de acesso aos patrimônios genéticos com fins de desenvolvimento tecnológico podem resultar em produtos ou processos passíveis de serem explorados economicamente, além de contribuir para o desenvolvimento científico e com o uso sustentável (Joly 2011, Saccaro Junior 2011, Astolfi Filho *et al.* 2014).

A bioprospecção de metabólitos secundários torna-se preditor chave para o crescimento econômico e desenvolvimento de um país (Ferreira *et al.* 2013, Astolfi Filho *et al.* 2014). Novos compostos bioativos podem ser descobertos a partir de projetos de bioprospecção, sendo úteis para desenvolvimento de produtos com finalidades agrícola, farmacêutica, na indústria alimentícia e de energia (Sandes *et al.* 2000, Souza *et al.* 2008, Soares *et al.* 2012, Ferreira *et al.* 2013, Peil *et al.* 2016).

Embora atividades de bioprospecção sejam incipientes, tem ocorrido no Brasil avanço no desenvolvimento de potencialidades e capacidades

científicas e tecnológicas (Marques *et al.* 2014), que contribuem com a demonstração dos altos valores dos recursos biológicos disponíveis (Marques *et al.* 2014, Astolfi Filho *et al.* 2014). Neste sentido, dado que uma das formas fundamentais da ciência é a divulgação dos resultados, para identificar os tipos de recursos biológicos trabalhados no Brasil, foram revisadas as produções científicas disponíveis sobre a bioprospecção nos últimos 15 anos. Foram enfatizados (i) ano de publicação, (ii) grupos taxonômicos estudados, e (iii) aplicações tecnológicas da biodiversidade. Com o desenvolvimento do trabalho, além de descrever a tendência dos estudos, é possível apontar lacunas e sugerir direções futuras para a bioprospecção nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, foram revisados artigos publicados nas bases de dados *ISI Web of Science* (www.isiknowledge.com) e *Scopus* (<http://www.scopus.com>), com utilização das palavras-chave "*Bioprospecting, brazil**". Para a realização da busca foi considerado o ano mais antigo das bases de dados utilizadas, até dezembro de 2018 e as bases de dados foram selecionadas devido ao seu alcance em âmbito internacional (Nabout *et al.* 2014, Benvindo-Souza *et al.* 2017).

Dentre os artigos encontrados, foram selecionados e compilados somente estudos cujo objetivo principal foi o de bioprospecção, ou seja, de exploração dos recursos genéticos ou bioquímicos de qualquer grupo taxonômico. Dessa forma, estudos de revisão não foram compilados, para que os resultados obtidos representassem a

realidade e não influenciasse a análise temporal da produção científica relacionada com as investigações da bioprospecção brasileira.

Para cada artigo foram analisadas as variáveis, (i) ano de publicação, (ii) grupos taxonômicos e (iii) aplicabilidades biotecnológicas (para área de interesse dos estudos). Para verificar se houve aumento na quantidade de artigos publicados sobre aspectos taxonômicos da bioprospecção no Brasil ao longo do tempo, foi aplicada a correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre o ano e o número de artigos publicados. Foi realizada a soma de quantas vezes os grupos taxonômicos foram citados pelos autores, uma vez que um artigo pode trabalhar com mais de um grupo de organismo. Para esses dados, também foi aplicada correlação, a fim de demonstrar qual campo biológico tem sido mais investigado na bioprospecção no Brasil. Nas aplicabilidades biotecnológicas, foram detectadas e estipuladas cinco categorias: indústria de alimentos, agricultura, indústria de bioenergia, biorremediação e indústria farmacêutica; para indústria farmacêutica, foram agrupados

trabalhos de farmacologia, etnofarmacologia e etnobotânica.

RESULTADOS

Um total de 132 artigos foram encontrados nas bases de dados *ISI Web of Science (Thomson Reuters Scientific)* e *Scopus*. Contudo, apenas 67 trabalhos atendiam ao critério de seleção utilizado, com desenvolvimento de atividades de bioprospecção no Brasil. Os trabalhos foram publicados entre o período de 2004 e 2018 e uma lista de publicações consideradas nesse estudo está disponibilizada como material suplementar. Foi verificada correlação significativa (Figura 1) entre o número de trabalhos em relação ao ano de publicação ($R^2 = 0,77$; $p = 0,0006$), que implica em aumento da produção científica nos últimos 15 anos envolvendo atividades de bioprospecção no Brasil.

Cinco grupos taxonômicos foram citados (Figura 2), sendo que desses, dois grupos demonstraram crescimento significativo de

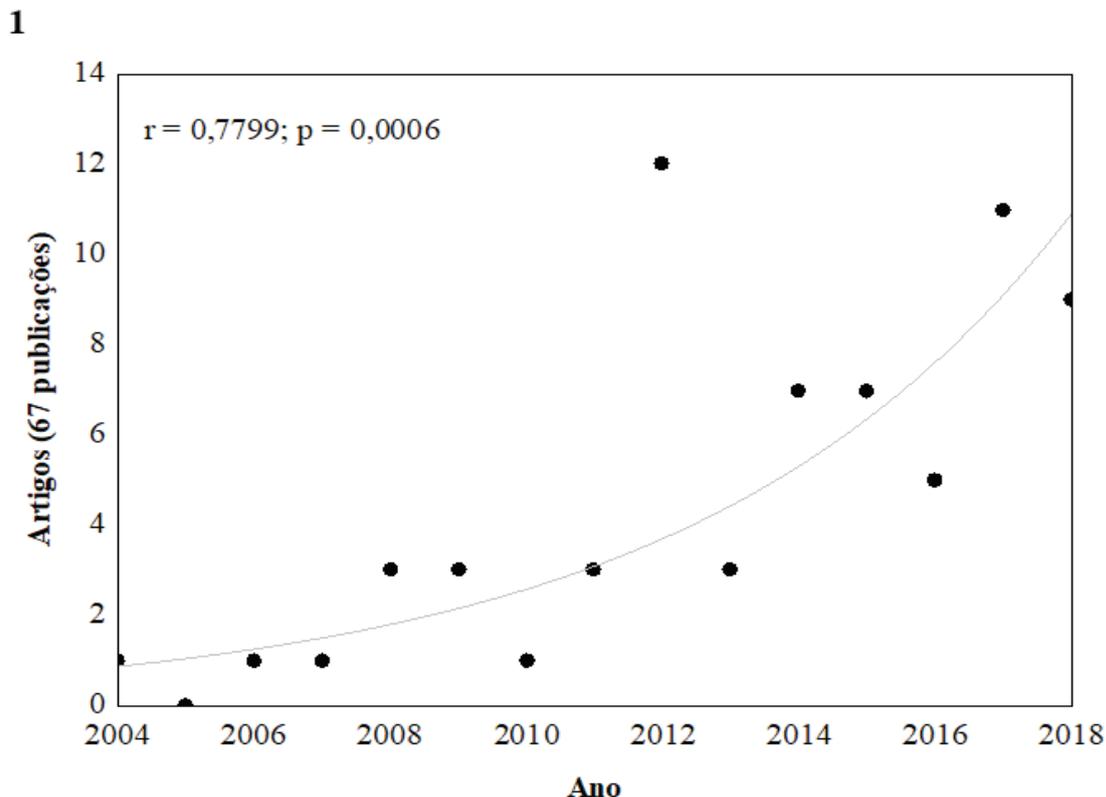


Figura 1. Número de artigos publicados sobre bioprospecção no Brasil e indexados na base de dados Web of Science e Scopus entre 2004 a 2018.

Figure 1. Number of articles published on bioprospecting in Brazil and indexed in the Web of Science and Scopus database between 2004 and 2018.

2

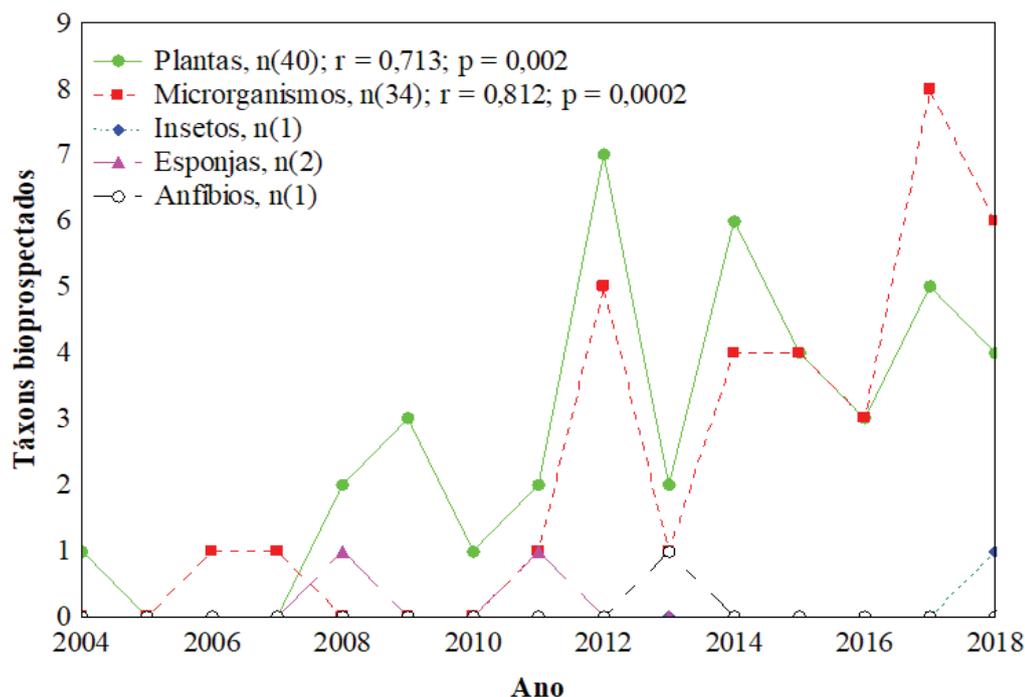


Figura 2. Grupos taxonômicos estudados em bioprospecção no Brasil, publicados entre 2004 e 2018 de acordo com Web of Science e Scopus. n = número de citações.

Figure 2. Taxonomic groups studied on bioprospecting in Brazil, published between 2004 and 2018 according to Web of Science and Scopus. n = number of citations.

3

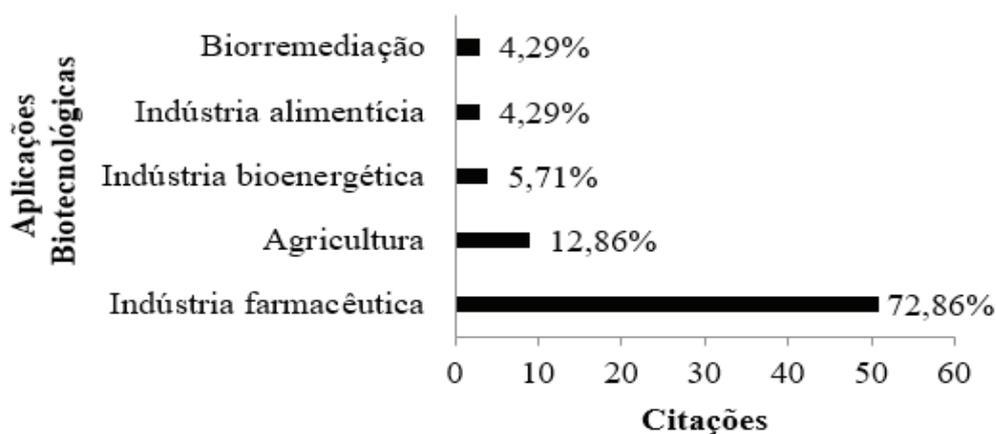


Figura 3. Aplicações biotecnológicas dos estudos tendo como enfoque a bioprospecção no Brasil.

Figure 3. Biotechnological applications of studies focusing on bioprospecting in Brazil.

publicações: plantas ($R^2 = 0,71$; $p = 0,002$) e microrganismos, incluindo algas, bactérias e fungos. Já insetos, esponjas e anfíbios tiveram um número baixo de trabalhos publicados, impossibilitando uma análise temporal.

Paralelo às investigações dos grupos taxonômicos ocorre o interesse em aplicabilidades

biotecnológicas. O presente estudo reporta basicamente cinco áreas de interesse (Figura 3). Avaliar as aplicações da bioprospecção é importante para detectar as áreas de pesquisa mais exploradas, além de gerar indicadores biotecnológicos para pesquisas futuras. Foi observado que a indústria farmacêutica foi

responsável pela maior parte das investigações (72,9 %), seguido pela agricultura (12,8 %), indústria bioenergética (5,7 %), biorremediação (4,3 %) e indústria de alimentos (4,3 %).

DISCUSSÃO

O interesse em atividades de bioprospecção voltada à indústria farmacêutica pode estar associado às necessidades de descobertas de novas drogas, tendo em vista a ameaça de microrganismos patogênicos resistentes aos antibióticos disponíveis (Silver & Bostier 1993). Nesse contexto, as pesquisas relacionadas às aplicabilidades farmacêuticas estiveram voltadas à busca por compostos com atividades antimicrobianas (Silva *et al.* 2018, Noriler *et al.* 2018), atividades anti-inflamatórias (Lazarini *et al.* 2018), atividades antioxidantes (Vasconcelos *et al.* 2018), bem como compostos capazes de neutralizar efeitos tóxicos de veneno de serpentes (da Silva *et al.* 2017).

O crescimento quantitativo de estudos pode estar associado às redes de bioprospecção crescentes no país (Marques *et al.* 2014), bem como ao aumento da produção científica brasileira. Estudos sobre a tendência científica brasileira em diferentes áreas também evidenciam aumento significativo de publicações em áreas como: gestão de resíduos sólidos urbanos (Bonjardim *et al.* 2018), insetos bioindicadores da ordem Odonata (Miguel *et al.* 2017) e enfermagem sobre HIV / AIDS (de Holanda *et al.*, 2014). De acordo com De Almeida e Guimarães (2013), o Brasil faz parte de um pequeno grupo de países que alcançaram altas taxas de crescimento na produção científica nos últimos 30 anos. De Meis *et al.* (2007) associam o aumento de publicações à expansão do sistema de pós-graduação *Strictu sensu* brasileira, que possui papel fundamental no crescimento da ciência brasileira. Houve crescimento significativo na formação de pesquisadores no país com aumento de 228 % no registro de programas de mestrado e doutorado entre os anos de 1998 e 2010 (De Almeida & Guimarães 2013).

A maior quantidade de trabalhos com atividade de bioprospecção foi observada com utilização de plantas, reino que mais contribuiu para o aumento de trabalhos de pesquisa, fato que

pode ser reflexo de a maior diversidade vegetal do mundo estar no Brasil (Sant'Ana & Assad 2002, Forzza *et al.* 2010). O resultado demonstra que a produção científica acerca da bioprospecção no Brasil foi impulsionada principalmente por trabalhos de etnobotânica, conceituada por Cotton (1996), como estudo das interrelações diretas que existem entre os seres humanos e as plantas. Tais estudos visam estudar as aplicações e os usos dos vegetais pelo homem, o que inclui os usos medicinal e agrícola. Percebe-se, portanto, a importância da bioprospecção de metabólitos secundários de origem vegetal, que direcionem aplicações biotecnológicas para indústria farmacêutica (Regasini *et al.* 2009, Cartaxo *et al.* 2010, Oliveira *et al.* 2011) e controle de pragas agrícolas (Souza *et al.* 2008). Segundo Souza *et al.* (2016a e 2016b), a tendência de aplicações supracitadas é observada desde os tempos remotos quando as plantas eram usadas para fins de diagnóstico, profilaxia ou cura. Pavela (2016) relata que, há mais de 3000 anos, plantas aromáticas e respectivos extratos ou decocções eram utilizadas como repelentes e na proteção de alimentos armazenados.

Dentre os estudos que envolvem espécies vegetais destaca-se a finalidade de busca por compostos com atividade antimicrobiana, como a zerumbona, extraída de *Zingiber zerumbet*, que teve efeitos contra *Streptococcus mutans* (Da Silva *et al.* 2018), atividade anti-inflamatória, como catequinas, elagitaninos, flavonoides e antocianinas encontrados em *Eugenia brasiliensis* (Lazarini *et al.* 2018), atividades antioxidante e antitumoral a partir de riparinas encontradas em *Aniba riparia* (Araújo *et al.* 2016) e atividade inseticida, conforme evidenciado pelos efeitos de *Gomphrena elegans* contra *Sitophilus zeamais* (Souza *et al.* 2008).

Conforme indicado na figura 2, entre os anos de 2016 e 2018, pesquisas com táxons de microrganismos superaram as pesquisas envolvendo o reino Plantae. As aplicações de microrganismos bioprospectados durante esses anos estiveram principalmente voltadas às atividades agrícolas, como caracterização de estirpes bacterianas capazes de degradar pesticidas (dos Santos *et al.* 2016), prospecção de fungos com atividade herbicida (Souza *et al.* 2017), potencial de isolados bacterianos como

promotores de crescimento de plantas (Felestrino *et al.* 2017), bem como avaliar isolados fúngicos quanto à atividade antimicrobiana (Gomes *et al.* 2018).

Com relação às pesquisas envolvendo microrganismos, aquelas abordando os fungos demonstraram maior crescimento nos últimos anos, com trabalhos voltados, principalmente, às novas biotecnologias para produção de biocombustíveis. Muitos estudos buscam elucidar as cascatas de sinalização que resultam na secreção de hidrolases por fungos, utilizando, muitas vezes, *Aspergillus nidulans* como modelo (Brown *et al.* 2013). Estudos mostraram que é possível produzir a partir de *Trichoderma reesei* quantidades consideráveis de celulases a baixo custo no Brasil, fornecendo uma alternativa viável às celulases comerciais entregues às biorrefinarias (Ellilä *et al.* 2017). O trabalho desenvolvido por Lima *et al.* (2016) mostrou que *Pichia pastoris* tem grande potencial como organismo fermentativo na produção de ácido L- láctico usando glicerol como fonte de carbono, o ácido L- láctico é amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, farmacêutica, têxtil, de couro e química. Ensaio com *Pseudozyma brasiliensis* mostraram que essa levedura produz a enzima endo- β -1,4-xilanase, uma xilanase importante para a hidrólise do xilano, com papel na produção do etanol de segunda geração (Kaupert Neto *et al.* 2015). Os fungos fomentaram interesse também para a área farmacêutica, visto que estão relacionados às propriedades medicinais e potencial farmacológico, e também na área de alimentação (Nascimento *et al.* 2015). Em contrapartida, as bactérias não demonstraram expressividade em número de publicações.

Outro ponto importante é a utilização de microrganismos na degradação de matéria orgânica (Soares *et al.* 2012), que tem estimulado a busca de enzimas celulolíticas para serem utilizadas na indústria de bioenergia (Soares *et al.* 2012), como novas tecnologias da agricultura e no controle de pragas (Silva *et al.* 2012). Cita-se, portanto, as lipases, pertencente ao grupo das hidrolases que catalisam a conversão de triacilgliceróis a ácidos graxos livres e glicerol (Peil *et al.* 2016). As lipases microbianas são muito importantes devido ao uso comercial em alimentos, em produtos lácteos (Anbu *et al.*

2011) e alto potencial de utilização em aplicações industriais na agricultura e na biorremediação (Leite *et al.* 2014).

As interações complexas de microrganismos e hospedeiros estão relacionadas à produção de compostos que podem conferir resistência a agentes patogênicos ou à produção de compostos bioativos ou reguladores de crescimento (Polonio *et al.* 2015, Vieira *et al.* 2014, Vieira *et al.* 2012). Trabalhos com bactérias têm abordado diversos segmentos biotecnológicos, tanto para a agricultura como para finalidade de biorremediação. Estudos têm selecionado bactérias tolerantes à salinidade para propiciar maior promoção de crescimento vegetal em solos com estresse salino (Leite *et al.* 2014).

Os organismos marinhos representam também uma fonte valiosa de novos compostos, sendo que extratos brutos de algas *Spatoglossum schroederi* foram capazes de neutralizar algumas das atividades biológicas de veneno de serpente (Domingos *et al.* 2012). De acordo com Aneiros e Garateix (2004), os organismos marinhos representam uma importante fonte de novos compostos, constituindo uma fonte ilimitada de novos produtos com atividade farmacológica. As pesquisas com algas marinhas estiveram direcionadas principalmente à inibição das enzimas envolvidas em atividades biológicas de veneno de *Lachesis muta* e *Bothrops jararacuçu* (Domingos *et al.* 2012, Moreira *et al.* 2014, Silva *et al.* 2015).

Não foi possível realizar a análise de crescimento de estudos envolvendo insetos, esponjas e anfíbios, devido ao baixo número de publicações. Apesar disso, poríferos demonstraram propriedades antimicrobianas (Cristancho *et al.* 2008) e anticoagulantes em terapias antitrombóticas (Moura *et al.* 2011). As propriedades apresentadas demonstram a importância econômica em diversas áreas (Cristancho *et al.* 2008, Moura *et al.* 2011), bem como em desenvolver novos estudos com uso das esponjas. Anfíbios produzem secreções glandulares ativas, sendo fontes promissoras para novos produtos químicos anticancerígenos (Ferreira *et al.* 2013).

Ainda que menor, foi evidenciado o interesse em atividades de bioprospecção voltada à agricultura. Os trabalhos estiveram voltados

principalmente ao aumento da produtividade de culturas, a partir da descoberta de compostos com atividade contra microrganismos patogênicos de vegetais (Noriler *et al.* 2018), atividade herbicida (Souza *et al.* 2017) e inseticida (Silva *et al.* 2012, Souza *et al.* 2008), além de melhor desempenho de culturas em solos salinos (Leite *et al.* 2014) e uso de cepas bacterianas capazes de degradar/tolerar diferentes tipos de pesticidas (Santos *et al.* 2016). A busca por produtos naturais como defensivos agrícolas ocorre devido aos riscos ambientais enfrentados pelo uso de pesticidas sintéticos, bem como à necessidade de compostos eficazes para combater o aumento das taxas de resistência (Rattan 2010).

Assim, verificamos que os procedimentos atuais de bioprospecção e biotecnologia permitem descobrir com eficiência novas substâncias e desenvolver novos bioprodutos, que inclusive agrega valor à biodiversidade (Astolfi Filho *et al.* 2014). A partir do conhecimento dos potenciais biotecnológicos de espécies, é possível promover programas e estratégias de conservação (Cullen & Valadares 2004), a fim de, além de evitar a extinção de espécies, utilizar compostos de interesse econômico e biotecnológico e promover o desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÕES

Foram observados cinco grupos taxonômicos com trabalhos que envolvem atividade de bioprospecção. Plantas e microrganismos têm despertado maior interesse científico, enquanto os estudos sobre insetos, esponjas e anfíbios ainda são incipientes. Essa baixa produtividade científica pode ser explicada pela dificuldade de amostragem destes táxons ou pela escassez de profissionais disponíveis no mercado e laboratórios especializados. Esponjas, por exemplo, são organismos bentônicos, predominantemente marinhos, podendo haver dificuldade de acesso ao seu ambiente de ocorrência. Já em relação aos anfíbios, pode estar associada à quantidade de espécies de interesse farmacológico e com mecanismo de ação presente, restrito principalmente à família Dendrobatidae. Neste sentido, enfatiza-se a necessidade de construção de conhecimento dos compostos bioativos produzidos por esses

organismos poucos estudados. Concluímos a partir dos dados encontrados, que a aplicabilidade biotecnológica na indústria farmacêutica é a principal impulsionadora da bioprospecção no país.

AGRADECIMENTOS

Reconhecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, FAPEG/GO, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecemos também ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano (IFGoiano) e ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBio/IFGoiano).

REFERÊNCIAS

- Almeida, E. C. E., & Guimarães, J. A. 2013. Brazil's growing production of scientific articles—how are we doing with review articles and other qualitative indicators?. *Scientometrics*, 97(2), 287–315. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-013-0967-y>
- Anbu, P., Noh, M. J., Kim, D. H., Seo, J. S., Hur, B. K., & Min, K. H. 2011. Screening and optimization of extracellular lipases by *Acinetobacter* species isolated from oil-contaminated soil in South Korea. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4147–4156. doi: 10.5897/AJB10.1905
- Aneiros, A., & Garateix, A. 2004. Bioactive peptides from marine sources: pharmacological properties and isolation procedures. *Journal of Chromatography B*, 803(1), 41–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2003.11.005>
- Araújo, É. J. F. D., Lima, L. K. F., Silva, O. A., Júnior, L. M. R., Gutierrez, S. J. C., Carvalho, F. A. D. A. & Ferreira, P. M. P. 2016. In vitro antioxidant, antitumor and leishmanicidal activity of riparin A, an analog of the Amazon alkaloids from *Aniba riparia* (Lauraceae). *Acta Amazonica*, 46(3), 309–314. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201505436>
- Astolfi Filho, S., da Silva, C. G. N., & de Fátima Mendes Acácio Bigi, M. 2014. Bioprospecção e biotecnologia. *Parcerias Estratégicas*, 19(38), 45–80.
- Bonjardim, E. C., Pereira, R. D. S., & Guardabasso, E. V. 2018. Bibliometric analysis of publication

- in four scientific event son the management of solidurbanwaste from the National Solid Waste Policy-Law no 12.305/2010. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 46, 313–333.
- Brown, N., de Gouvea, P., Krohn, N., Savoldi, M., & Goldman, G. 2013. Functional characterisation of the non-essential protein kinases and phosphatases regulating *Aspergillus nidulans* hydrolytic enzyme production. *Biotechnology for Biofuels*, 6(1), 91. doi:10.1186/1754-6834-6-91
- Cartaxo, S. L., de Almeida Souza, M. M., & de Albuquerque, U. P. 2010. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of ethnopharmacology*, 131(2), 326–342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.003>
- CDB, A Convenção sobre Diversidade Biológica. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. Série Biodiversidade no. 1, 1992. Retrieved from: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_72.pdf
- Cotton, C. M. 1996. *Ethnobotany: Principles and applications*. School of Life Sciences, Roehampton Institute London, UK. p. 424.
- Cullen, L., Rudran, R., & Valladares-Padua, C. 2004. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre (Vol. 88). Editora UFPR. p. 667.
- da Silva, T. M., Pinheiro, C. D., Orlandi, P. P., Pinheiro, C. C., & Pontes, G. S. 2018. Zerumbone from *Zingiber zerumbet* (L.) smith: a potential prophylactic and therapeutic agente against the cariogenic bacterium *Streptococcus mutans*. *BMC complementary and alternative medicine*, 18(1), 301. doi: <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2360-0>
- De Lima, P. B. A., Mulder, K. C. L., Melo, N. T. M., Carvalho, L. S., Menino, G. S., Mulinari, E., de Castro, V. H., dos Reis, T. F., Goldman, G. H., Magalhães, B. S & Parachin, N. S. 2016. Novel homologous lactate transporter improves l-lactic acid production from glycerol in recombinant strains of *Pichia pastoris*. *Microbial Cell Factories*, 15(1). doi:10.1186/s12934-016-0557-9
- De Meis, L., Arruda, A. P., & Guimaraes, J. A. 2007. The impact of science in Brazil. *IUBMB Life*, 59(4-5), 227–234.
- Domingos, T. F. S., Ortiz-Ramírez, F. A., Villaça, R. C., Cavalcanti, D. N., Sanchez, E. F., Teixeira, V. L., & Fuly, A. L. 2012. Inhibitory effect of a Brazilian marine brown alga *Spatoglossum schroederi* on biological activities of *Lachesis muta* snake venom. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(4), 741–747. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000049>
- dos Santos, D. R., de Carvalho, F. C. T., Abreu, J. O., Alves, C. R., Cavalcante, R. M., dos Fernandes Vieira, R. H. S., & de Sousa, O. V. 2016. Pesticide Degrading Bacteria in Aquatic Environment: Bioprospecting and Evaluation of Biotechnological Potential. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 8(4). doi: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v8i4.748>
- Ellilä, S., Fonseca, L., Uchima, C., Cota, J., Goldman, G. H., Saloheimo, M., Siika-aho, M. 2017. Development of a low-cost cellulase production process using *Trichoderma reesei* for Brazilian biorefineries. *Biotechnology for Biofuels*, 10(1). doi:10.1186/s13068-017-0717-0
- Felestrino, É. B., Santiago, I. F., Freitas, L. da S., Rosa, L. H., Ribeiro, S. P., & Moreira, L. M. 2017. Plant Growth Promoting Bacteria Associated with *Langsdorffia hypogaea*-Rhizosphere-Host Biological Interface: A Neglected Model of Bacterial Propection. *Frontiers in Microbiology*, 08. doi:10.3389/fmicb.2017.00172
- Ferreira, P. M. P., Lima, D. J. B., Debiasi, B. W., Soares, B. M., da Conceição Machado, K., da Costa Noronha, J., & Júnior, G. M. V. 2013. Antiproliferative activity of *Rhinella marina* and *Rhaebo guttatus* venom extracts from Southern Amazon. *Toxicon*, 72, 43–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.06.009>
- Forzza, R. C., Baumgratz, J. F., Bicudo, C. E. M., Carvalho Júnior, A. A., Costa, A., Costa, D. P., Hopkins, M., Leitman, P. M., Lohmann, L. G., Maia, L. C., Martinelli, G., Menezes, M., Morim, M. P., Coelho, M. A. N., Peixoto, A. L., Pirani, J. R., Prado, J., Queiroz, L. P., Souza, V. C., Stehmann, J. R., Sylvestre, L. S., Walter, B. M. T., Zappi, D. 2010. Catálogo de plantas e fungos do Brasil Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 871.
- Gomes, A. A. M., Pinho, D. B., Cardeal, Z. D. L., Menezes, H. C., Queiroz, M. V. D., & Pereira, O. L. 2018. *Simplicillium coffeanum*, a new endophytic species from Brazilian coffee

- plants, emitting antimicrobial volatiles. *Phytotaxa*, 333(2), 188–198. doi:10.11646/phytotaxa.333.2.2
- Holanda, E. R., Lira, M. D. C. C., Galvão, M. T. G., Damasceno, M. M. C., & de Araujo, T. L. 2013. Tendencies in the production of scientific knowledge in nursing regarding HIV/AIDS: a bibliometric study. *Online Brazilian Journal of Nursing*, 12(4), 986–997. doi: <https://doi.org/10.5935/1676-4285.20133818>
- Joly, C. A., Haddad, C. F., Verdade, L. M., Oliveira, M. C. D., Bolzani, V. D. S., & Berlinck, R. G. 2011. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. *Revista USP*, (89), 114–133. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i89p114-133>
- Kaupert Neto, A. A., Borin, G. P., Goldman, G. H., Damásio, A. R. de L., & Oliveira, J. V. de C. 2015. Insights into the plant polysaccharide degradation potential of the xylanolytic yeast *Pseudozyma brasiliensis*. *FEMS Yeast Research*, 16(2), fov117. doi:10.1093/femsyr/fov117
- Lazarini, J. G., Sardi, J. D. C. O., Franchin, M., Nani, B. D., Freires, I. A., Infante, J., ... & Rosalen, P. L. 2018. Bioprospection of *Eugenia brasiliensis*, a Brazilian native fruit, as a source of anti-inflammatory and antibiofilm compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102, 132–139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.03.034>
- Leite, M. C., de Farias, A. R., Freire, F. J., Andreote, F. D., Kuklinsky-Sobral, J., & Freire, M. B. 2014. Isolation, bioprospecting and diversity of salt-tolerant bacteria associated with sugar cane in soils of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 73–79. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupps73-s79>
- Marques, L. G., Santos, M. R., Raffo, J., & Pessoa, C. 2014. Redes de bioprospecção no Brasil: cooperação para o desenvolvimento tecnológico. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, 15(28). doi: <http://dx.doi.org/10.21452/rde.v15i28.2800>
- Miguel, T. B., Calvão, L. B., Vital, M. V. C., & Juen, L. 2017. Ascienceometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. *International Journal of Odonatology*, 20(1), 27–42. doi: <https://doi.org/10.1080/13887890.2017.1286267>
- Mora, J. A., Newmark, F., & Santos-Acevedo, M. 2008. Evaluation of marine sponge extracts as new sources of antimicrobial substances. *Revista española de quimioterapia: Publicación oficial de la Sociedad Española de Quimioterapia*, 21(3), 174–179.
- Moura, L. D. A., Ortiz-Ramirez, F., Cavalcanti, D. N., Ribeiro, S. M., Muricy, G., Teixeira, V. L., & Fuly, A. L. 2011. Evaluation of marine brown algae and sponges from Brazil as anti coagulant and antiplatelet products. *Marine drugs*, 9(8), 1346–1358. doi: <https://doi.org/10.3390/md9081346>
- Nabout, J. C., Parreira, M. R., Teresa, F. B., Carneiro, F. M., da Cunha, H. F., de Souza Onde, L., & Soares, T. N. 2015. Publish (in a group) or perish (alone): the trend from single-to multi-authorship in biological papers. *Scientometrics*, 102(1), 357–364. doi: 10.1007/s11192-014-1385-5
- Nascimento, T. L., Oki, Y., Lima, D. M. M., Almeida-Cortez, J. S., Fernandes, G. W., & Souza-Motta, C. M. 2015. Biodiversity of endophytic fungi in different leaf ages of *Calotropis procera* and their antimicrobial activity. *Fungal ecology*, 14, 79–86. doi: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.10.004>
- Noriler, S. A., Savi, D. C., Aluizio, R., Palácio-Cortes, A. M., Possiede, Y. M., & Glienke, C. 2018. Bioprospecting and structure of fungal endophyte communities found in the Brazilian biomes, Pantanal, and Cerrado. *Frontiers in microbiology*, 9, 1526. doi: 10.3389/fmicb.2018.01526
- Oliveira, D. A., de Abreu Moreira, P., de Melo Júnior, A. F., & Pimenta, M. A. S. 2015. Potencial da biodiversidade vegetal da Região Norte do Estado de Minas Gerais. *Unimontes Científica*, 8(1), 23–34.
- Oliveira, D. R., Leitão, G. G., Coelho, T. S., Silva, P. E., Lourenço, M. C. S., & Leitão, S. G. 2011. Ethnopharmacological versus random plant selection methods for the evaluation of the antimycobacterial activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21(5), 793–806. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000084>
- Peil, G. H., Kuss, A. V., Rave, A. E., VillArreAl, J. P., Hernandez, Y. M., & Nascente, P. S. 2016. Bioprospecting of lipolytic microorganisms obtained from industrial effluents. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), 1769–1779. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150550>
- Polonio, J. C., Almeida, T. T., Garcia, A., Mariucci, G.

- E. G., Azevedo, J. L., Rhoden, S. A., & Pamphile, J. A. 2015. Biotechnological prospecting of foliar endophytic fungi of guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) with antibacterial and antagonistic activity against phytopathogens. *Genetics and Molecular Research*, 14(3), 7297–7309. doi: <http://dx.doi.org/10.4238/2015.July.3.5>
- Rattan, R. S. 2010. Mechanism of action insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop protection*, 29(9), 913–920. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008>
- Regasini, L. O., Castro-Gamboa, I., Silva, D. H. S., Furlan, M., Barreiro, E. J., Ferreira, P. M. P., & Bolzani, V. D. S. 2009. Cytotoxic Guanidine Alkaloids from *Pterogyne nitens*. *Journal of natural products*, 72(3), 473–476. doi: <https://doi.org/10.1021/np800612x>
- Russo, S. L., Silva, G. F., Santana, J. R., Oliveira, L. B. & Jesus, E. S. 2014. Buscas e noções de prospecção tecnológica. *Capacite: Os caminhos para a inovação tecnológica*, 145–171. doi: 10.7198/8-5782-24928-8-08
- Sá, L. A. N. D., Pessoa, M. C. P. Y., Moraes, G. J. D., Marinho-Prado, J. S., Prado, S. D. S., & Vasconcelos, R. M. D. 2016. Quarantine facilities and legal issues of the use of biocontrol agents in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 502–509. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500010>
- Saccaro Junior, N. L. 2011. Desafios da bioprospecção no Brasil. *Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*. p. 32.
- Sandes, A. R. R., & Di Blasi, G. 2000. Biodiversidade e diversidade química e genética. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, 13, 28–32.
- Sant’Ana, P. J. P., & Assad, A. L. 2002. O contexto brasileiro para a bioprospecção. *Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento*, 29, 32–37.
- Santos, D. R., de Carvalho, F. C. T., Abreu, J. O., Alves, C. R., Cavalcante, R. M., dos Fernandes Vieira, R. H. S., & de Sousa, O. V. 2016. Pesticide Degrading Bacteria in Aquatic Environment: Bioprospecting and Evaluation of Biotechnological Potential. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 8(4). doi: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v8i4.748>
- Silva, A. C. R., Pires, A. M. G., Ramos, C. J. B., Sanchez, E. F., Cavalcanti, D. N., Teixeira, V. L., & Fuly, A. L. 2017. The seaweed *Prasiola crispa* (Chlorophyta) neutralizes toxic effects of *Bothrops jararacuçu* snake venom. *Journal of applied phycology*, 29(2), 781–788. doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0895-3>
- Silva, G. A., Domingos, T. F. S., Fonseca, R. R., Sanchez, E. F., Teixeira, V. L., & Fuly, A. L. 2015. The red seaweed *Plocamium brasiliense* shows anti-snake venom toxic effects. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 21(1), 2. doi: 10.1186/s40409-015-0002-2
- Silva, M. C., Siqueira, H. A., Marques, E. J., Silva, L. M., Barros, R., Lima Filho, J. V., & Silva, S. M. 2012. *Bacillus thuringiensis* isolates from northeastern Brazil and their activities against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biocontrol Science and technology*, 22(5), 583–599. doi: <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.670802>
- Silver, L. L., & Bostian, K. A. 1993. Discovery and development of new antibiotics: the problem of antibiotic resistance. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 37(3), 377–383. doi: 10.1128/aac.37.3.377
- Soares, F. L., Melo, I. S., Dias, A. C. F., & Andreote, F. D. 2012. Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(5), 2195–2203. doi: DOI 10.1007/s11274-012-1025-2
- Souza, A. P., Marques, M. R., Mahmoud, T. S., Caputo, B. A., Canhete, G. M., Leite, C. B., & Lima, D. P. D. 2008. Bioprospecting insecticidal compounds from plants native to Mato Grosso do Sul, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(4), 1136–1140. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000400024>
- Souza, A. R. C. D., Baldoni, D. B., Lima, J., Porto, V., Marcuz, C., Machado, C., Ferraz, R. C., Kuhn, R. C., Jacques, R. J. S., Guedes, J. V. C., & Mazutti, M. A. 2017. Selection, isolation, and identification of fungi for bioherbicide production. *Brazilian journal of microbiology*, 48(1), 101–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.09.004>
- Souza, L. F., Guilherme, F. G., Dias, R., & Coelho, C. P. 2016. Plantas medicinais referenciadas por raizeiros no município de Jataí, estado de Goiás. *Revista brasileira de plantas medicinais*, 18(2), 451–461. doi: http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15_173
- Vasconcelos, J. B., de Vasconcelos, E. R., Urrea-

- Victoria, V., Bezerra, P. S., Reis, T. N., Cocentino, A. L., & Fujii, M. T. 2018. Antioxidant activity of three seaweeds from tropical reefs of Brazil: potential sources for bioprospecting. *Journal of Applied Phycology*, 1–12. doi: 10.1007/s10811-018-1556-5
- Vieira, M. D. L. A., Gil, V. B., Vaz, A. B. M., Alves, T. M. A., Zani, C. L., Rosa, C. A., & Henrique, R. 2012. Diversity and antimicrobial activities of the fungal endophyte Community associated with the traditional Brazilian medicinal plant *Solanum cernuum* Vell (Solanaceae). *Canadian journal of microbiology*, 58(1), 54–66. doi: 10.1139/W11-105
- Vieira, P. R., de Moraes, S. M., Bezerra, F. H., Ferreira, P. A. T., Oliveira, Í. R., & Silva, M. G. V. 2014. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Ocimum* species. *Industrial Crops and Products*, 55, 267–271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.032>

Material Suplementar:

Tabela 1. Relação de grupos taxonômicos e as aplicabilidades biotecnológicas registradas no presente estudo. *Os números fazem referência às citações enumeradas abaixo da tabela.

Supplementary Material:

Table 1. Relation of taxonomic groups and biotechnological applicabilities recorded in the present study. *Number are referent to citations enumerated below table.

Submitted: 16 July 2019

Accepted: 13 April 2020

Published on line: 25 May 2020

Associate Editor: Natalie Olifiers