

Estudo exploratório de patentes de produção de AgNPs por rotas de síntese verde

Exploratory study of patents for the production of AgNPs by green synthesis routes

Estudio exploratorio de patentes para la producción de AgNPs por rutas de síntesis verde

Recebido: 28/06/2022 | Revisado: 05/07/2022 | Aceito: 12/07/2022 | Publicado: 19/07/2022

Marcello Gabaldi Degrecci

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6584-7689>

Universidade Estadual de Minas Gerais, Brasil

E-mail: marcello-gd@hotmail.com

Adriano Guimarães Parreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7770-7165>

Universidade Estadual de Minas Gerais, Brasil

Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil

E-mail: adriano.parreira@uemg.br

Resumo

Nanopartículas metálicas apresentam usos variados nos mais diferentes campos de aplicação, como as AgNPs, nanopartículas de prata, detentoras de propriedades antibacterianas, antivirais e antitumorais. Demonstrando inúmeras vantagens competitivas frente a rota química tradicional, o processo de obtenção de AgNPs por “rota verde” têm despertado o interesse da comunidade científica em todo o mundo. Dada a escassez de publicações que analisem em conjunto as patentes relacionadas ao tema, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um estudo descritivo e exploratório a partir do estudo de patentes de processos de síntese verde de AgNPs depositadas nas plataformas INPI, Espacenet, USPTO, Latipat e Google Patents. Como resultados, Arábia Saudita ocupa o primeiro lugar dentre os países depositantes, estando o Brasil na segunda posição mundial e primeira da América Latina. Considerando-se a rica biodiversidade vegetal e o número de artigos científicos publicados, o Brasil apresenta grande potencial em assumir liderança mundial, desde que haja maior investimento na proteção intelectual de produtos ou processos tecnológicos obtidos. Ademais, observou-se que 100% dos depósitos originários do Brasil foram submetidos por Instituições Universitárias, predominando-se o uso de espécies vegetais naturalizadas ou cultivadas em solo brasileiro. Conclui-se pela necessidade de ampliação da proteção de achados advindos da exploração do patrimônio natural brasileiro, a necessidade de investimentos em pesquisa fora do âmbito acadêmico e ressalta-se a relevância deste compilado como documento útil para consulta quanto ao estado da arte, previamente a proposição de projetos de pesquisa ou desenvolvimento tecnológico relacionados a produção de AgNPs por rotas de síntese verde.

Palavras-chave: Biossíntese; Nanopartículas de prata; Proteção intelectual; Patentes.

Abstract

Metal nanoparticles have varied uses in different fields of application, such as AgNPs, silver nanoparticles, which have antibacterial, antiviral and antitumor properties. Demonstrating numerous competitive advantages over the traditional chemical route, the process of obtaining AgNPs by “green route” has aroused the interest of the scientific community around the world. Given the scarcity of publications that jointly analyze the patents related to the subject, the objective of the present work was to develop a descriptive and exploratory study from the study of patents of processes of green synthesis of AgNPs deposited in the platforms INPI, Espacenet, USPTO, Latipat and Google Patents. As a result, Saudi Arabia occupies the first place among the depositor countries, with Brazil in the second position in the world and first in Latin America. Considering the rich plant biodiversity and the number of published scientific articles, Brazil has great potential to assume world leadership, as long as there is greater investment in the intellectual protection of products or technological processes obtained. Furthermore, it was observed that 100% of the deposits originating in Brazil were submitted by University Institutions, predominating the use of naturalized plant species or cultivated in Brazilian soil. It is concluded that there is a need to expand the protection of findings arising from the exploitation of the Brazilian natural heritage, the need for investments in research outside the academic scope and the relevance of this compiled as a useful document for consultation regarding the state of the art, prior to the proposition of research projects or technological development related to the production of AgNPs by green synthesis routes.

Keywords: Biosynthesis; Silver nanoparticles; Intellectual protection; Patents.

Resumen

Las nanopartículas metálicas tienen variados usos en diferentes campos de aplicación, como las AgNPs, nanopartículas de plata, que tienen propiedades antibacterianas, antivirales y antitumorales. Demostrando numerosas

ventajas competitivas frente a la vía química tradicional, el proceso de obtención de AgNPs por “vía verde” ha despertado el interés de la comunidad científica de todo el mundo. Dada la escasez de publicaciones que analicen en conjunto las patentes relacionadas con el tema, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un estudio descriptivo y exploratorio a partir del estudio de patentes de procesos de síntesis verde de AgNPs depositadas en las plataformas INPI, Espacenet, USPTO, Latipat y Google Patentes. Como resultado, Arabia Saudita ocupa el primer lugar entre los países depositantes, con Brasil en la segunda posición en el mundo y la primera en América Latina. Teniendo en cuenta la rica biodiversidad vegetal y la cantidad de artículos científicos publicados, Brasil tiene un gran potencial para asumir el liderazgo mundial, en la medida en que haya una mayor inversión en la protección intelectual de los productos o procesos tecnológicos obtenidos. Además, se observó que el 100% de los depósitos originarios de Brasil fueron presentados por Instituciones Universitarias, predominando el uso de especies vegetales naturalizadas o cultivadas en suelo brasileño. Se concluye que existe la necesidad de ampliar la protección de los hallazgos provenientes de la explotación del patrimonio natural brasileño, la necesidad de inversiones en investigación fuera del ámbito académico y la relevancia de este compilado como un documento útil para la consulta sobre el estado de el arte, previo a la proposición de proyectos de investigación o desarrollo tecnológico relacionados con la producción de AgNPs por rutas de síntesis verde.

Palabras clave: Biosíntesis; Nanopartículas de plata; Protección intelectual; Patentes.

1. Introdução

Nanopartículas metálicas são úteis nos mais variados campos de aplicação, em processos de catálise, em sistemas ópticos, sistemas biológicos, na indústria farmacêutica e eletroeletrônica, dentre outros. Isso se explica pelas características diferenciais advindas de sua grande área superficial e as características inerentes as propriedades relacionadas à natureza metálica de cada partícula, como efeitos antimicrobianos, antibacterianos, antivirais e anticâncer, observados para nanopartículas de prata (AgNPs), por exemplo (Patil & Kim, 2017).

Processos de síntese de AgNPs com o uso de produtos naturais, denominados genericamente como rotas de síntese verde, surgem como alternativa ambiental e economicamente atrativa, frente ao processo químico tradicional, consideravelmente dispendioso, com geração de subprodutos tóxicos, demandante de maior tempo de reação e, por vezes, gerador de partículas que não apresentam a biocompatibilidade desejada (Cauerhff & Castro, 2013). A aplicação de AgNPs em processos biológicos revela propriedades incomparavelmente vantajosas, reunidas em torno de um único tipo de material. Atividade oxidante, eliminação de radicais livres, ação antibacteriana, anticâncer, antiviral, danos a núcleos celulares, redução catalítica de azo corantes, remoção de poluentes e efeitos anti-inflamatórios, são alguns dos motivos que têm chamado a atenção de pesquisadores de áreas tão diversificadas quanto relevantes para as AgNPs (Gandara *et al.*, 2022).

No processo de obtenção de AgNPs por rotas de síntese verde podem ser utilizados extratos vegetais provenientes de variadas partes das plantas, como folhas, flores, caules e raízes (Irvani, 2011; Baker *et al.*, 2013; Ingale, 2013). A formação das AgNPs nas etapas de síntese verde baseia-se na redução e complexação da prata em solução, com efeitos posteriores de estabilização das nanopartículas sintetizadas, com a participação de metabólitos secundários das plantas. Tais resultados são obtidos pela ação de tais compostos presentes nos extratos vegetais obtidos, a exemplo de aminoácidos, flavonoides, compostos fenólicos, terpenoides, ácido cítrico e outros, que variam em função da parte da planta ou espécie vegetal utilizada, revelando inúmeras possibilidades nos processos de síntese verde (Akhtar *et al.*, 2013). Além desses, fatores como época do ano, clima, solo, umidade e exposição solar, podem interferir qualitativa e quantitativamente na composição dos compostos secundários das plantas, o que exige descrição detalhada do processo de obtenção em curso, tal qual diversidade de resultados tratando-se de uma mesma espécie (Ingale, 2013). Considerando-se as possibilidades de utilização de material de origem vegetal para a síntese verde de AgNPs, o Brasil se destaca por ser um dos maiores detentores da biodiversidade vegetal do planeta, com um potencial incomensurável ainda inexplorado para tal fim (Baggio & Medrado, 2003).

Neste contexto, em razão do potencial de desenvolvimento tecnológico e inovador, diante das incontáveis possibilidades de obtenção de AgNPs por rotas verdes, percebe-se a necessidade de sistematização e análise de patentes até

então depositadas para, dentre outros motivos, nortear investimentos futuros frente ao crescente número de publicações científicas nesta linha, ultimamente. Soma-se a isso o entendimento de que o conhecimento apresenta-se como moeda de troca e a inovação, estratégia de diferencial competitivo para qualquer nação, tendo o Brasil um campo fértil para crescimento exponencial e projeção internacional, neste particular. A prospecção tecnológica em bancos de patentes, entendida como processo sistemático de coleta, tratamento e análise de dados, apresenta vantagens incomparáveis a outras publicações em domínios especializados, por seu caráter informacional e o fornecimento de conhecimentos minuciosamente tratados, passíveis de orientar a tomada de decisões futuras, a exemplo da definição de estratégias metodológicas em projetos de pesquisa. Além disso, permite ainda estabelecer padrões estatísticos, quantitativos e qualitativos, e apresentar oportunidades de transferência tecnológica, abrindo perspectivas para o compartilhamento de conhecimentos voltados a melhoria da competência tecnológica de um País, Estado, Empresa e Instituições de ensino, acerca de determinada temática (Garrido, 2018).

Em síntese, avaliar documentos de patentes, além da literatura científica, é exercício de importância estratégica que possibilita orientação adequada quando da tomada de decisões no momento do planejamento experimental em novos projetos de pesquisa e desenvolvimento. É essencial para o conhecimento ampliado das rotas de tecnologia, os principais atores geradores de conhecimento, instituições e empresas investidoras no segmento, prospecção de janelas de oportunidades e busca de parceiros, dentre outras.

Segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), estima-se que, aproximadamente, 70% das informações tecnológicas contidas em cartas patente não estão disponíveis em quaisquer outros meios de informação. É essencial analisar o texto de patentes a fim de identificar com precisão o estado da técnica sobre determinado assunto, assim como lacunas tecnológicas ainda não exploradas pela ciência. Tal prática evita com que esforços e recursos sejam direcionados a objetivos já atendidos por outros grupos de pesquisa, nortear a adoção de metodologias ainda não testadas com vistas a obtenção de resultados melhores que aqueles já descritos propiciando maior racionalidade com os gastos públicos (Montenegro e Carvalho, 2016).

Com base nestas considerações, buscou-se desenvolver um estudo descritivo e exploratório a partir da análise de patentes de processos de síntese verde de AgNPs, depositadas entre os anos de 2011 a 2021, em grandes bancos de patentes mundiais, quais sejam, INPI, Espacenet, USPTO, Latipat e Google Patents. Procurou-se também, listar as principais metodologias de síntese verde de AgNPs empregadas, as espécies vegetais e/ou fúngicas utilizadas e sua origem, as partes das plantas e/ou fungos selecionados e o tamanho das AgNPs obtidas. Investigou-se ainda as aplicações tecnológicas descritas e o número de patentes concedidas e depositadas por base de dados, data e país relacionado, espectro antimicrobiano encontrado e a classificação das espécies vegetais e fúngicas descritas nos documentos como exóticas, nativas, naturalizadas ou cultivadas em solo brasileiro.

2. Metodologia

A abordagem metodológica e as etapas de investigação foram fundamentadas em uma pesquisa do tipo exploratória e descritiva, a partir do levantamento de dados secundários extraídos de documentos públicos de cartas patente nas principais bases de dados mundiais, relacionadas a processos de síntese verde de AgNPs, conforme Severino (2018).

2.1 Levantamento Documental

Os dados de domínio público analisados foram aqueles obtidos junto às plataformas de depósito de patentes Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), European Patent Office (Espacenet), United States Patent and Trademark Office (USPTO), Latipat-Espacenet e Google Patents. A prospecção tecnológica nas bases de dados de patentes foi limitada ao

período compreendido entre 2011 a 2021.

2.2 Estratégia de busca

A definição dos termos de busca, das palavras chave, a variação no uso de sinônimos e de filtros, truncamento, combinação de palavras, uso de operadores, preliminarmente a busca e análise do texto das patentes recuperadas, foi vinculada ao maior retorno de documentos relacionados a patentes de processos de síntese verde de AgNPs. A gama de palavras chave compreendiam a língua portuguesa e inglesa,

contendo combinações das seguintes palavras e frases: *green synthesis*, *silver nanoparticles*, *biogenic*, *AgNPs*, *biosynthesis*, *green route*, *leaf extracts*, *bio route*, *síntese verde* *biossíntese*, *nanopartículas de prata* e *rota verde*. Juntamente com o uso dos operadores booleanos “and”, “or”, “e” e “ou”.

2.3 Sistematização dos dados obtidos

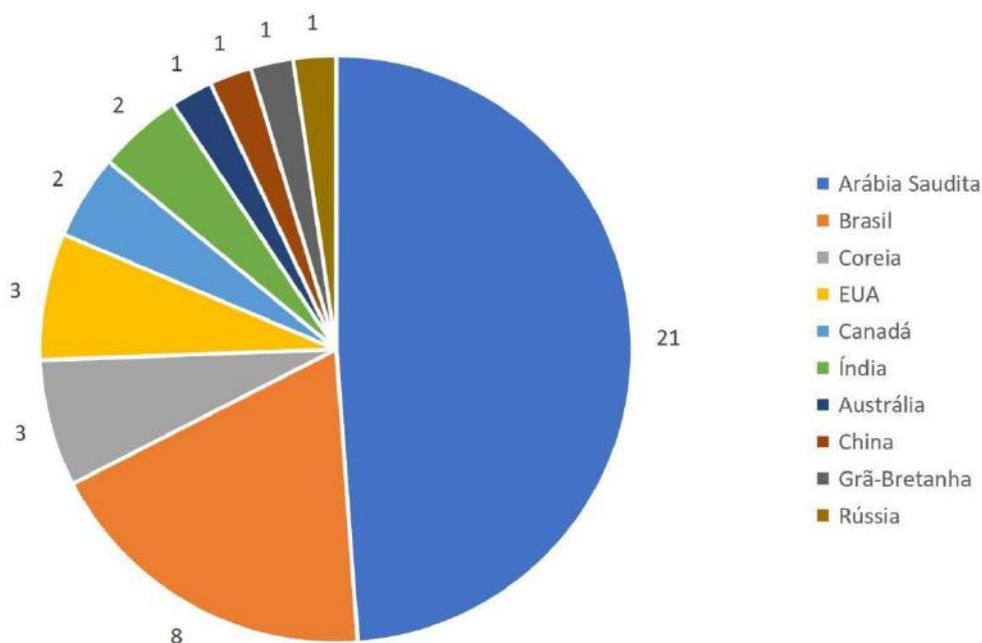
As informações obtidas a partir da análise da redação das patentes foram organizadas segundo os seguintes critérios: principais metodologias de síntese verde de AgNPs encontradas, espécies vegetais ou fúngicas e partes das espécies utilizadas, resultados obtidos em termos de tamanho de AgNPs sintetizadas, aplicações tecnológicas descritas, número de patentes por base de dados, data e país de depósito ou concessão, espectro antimicrobiano, eventualmente apresentado, e descrição das espécies vegetais como exóticas, nativas, cultivadas ou naturalizadas no Brasil.

4. Resultados e Discussão

A partir da combinação das palavras chave, foram recuperadas 29 cartas patente na base Espacenet, 16 na Google Patents, 06 no INPI, 05 na base Latipat e 18 no USPTO. Após a leitura dos documentos e realização de uma triagem minuciosa, foi constatada a existência de 43 patentes que não se repetiam, de um total de 74 documentos recuperados nos bancos de dados daquelas plataformas.

Em relação aos países de origem dos depósitos observa-se, conforme apresentado na Figura 1, que Arábia Saudita lidera com 21 cartas patente, seguido do Brasil, com um total de 08 registros, Coreia do Sul e Estados Unidos da América com 03 registros para cada país, Canadá com 02, Índia, Austrália, China, Grã-Bretanha e Rússia com 01 registro, cada um deles. Tal informação retrata realidade nacional indicativa de um campo com potencial ainda a ser melhor conhecido e explorado, reiterando-se sobre a posição de destaque do Brasil quanto à rica biodiversidade vegetal encontrada em território brasileiro.

Figura 1: Número de cartas patente de processos de síntese verde de AgNPs relacionados aos países depositantes.

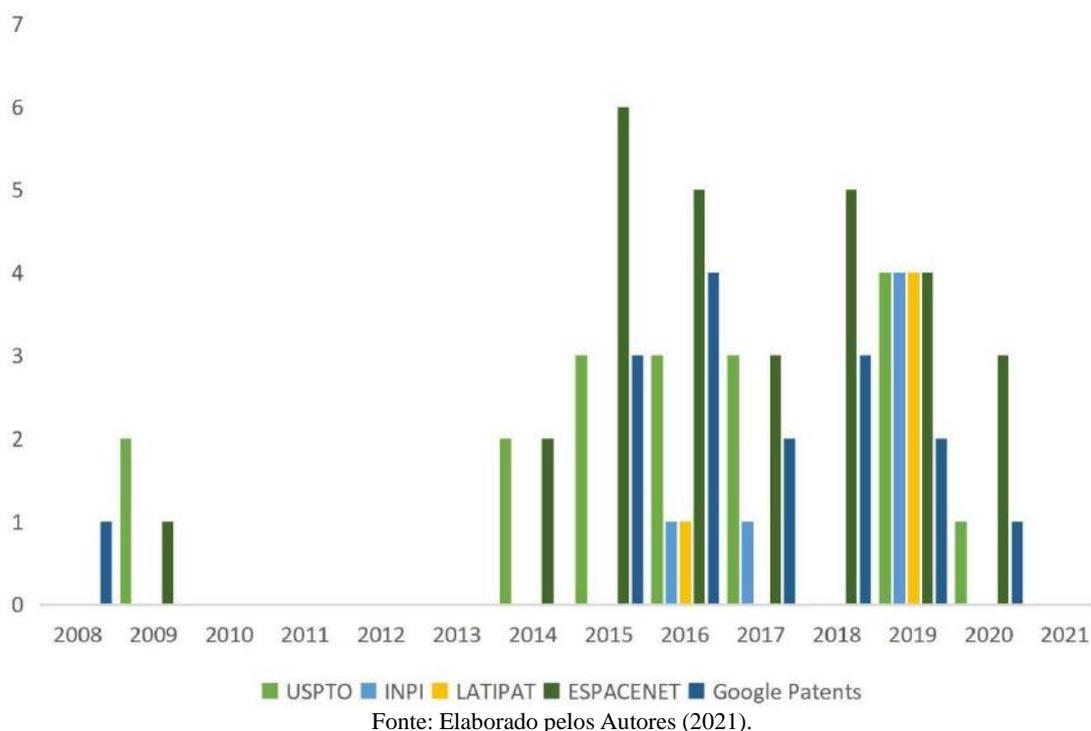


Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Por meio de consulta na plataforma Web of Science (<https://www-webofscience.ez32.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc>), realizada em Janeiro de 2022, foram encontrados 1140 artigos, publicados entre 2011 a 2021, utilizando-se dos termos de busca “*Green synthesis of silver nanoparticles*”. Daquele total, 40 artigos são afiliados a Instituições brasileiras, as Universidades com total de 37 documentos, Institutos Federais com 02 e Instituto de Pesquisa com 01, dentre os quais 32 publicações referem-se ao uso de material de origem vegetal para a obtenção das AgNPs. Tal informação evidencia a necessidade de maior investimento na proteção tecnológica dos processos de síntese desenvolvidos internamente, quando se compara com o total de patentes depositadas no mesmo período e para a mesma área de aplicação (CAPES, 2022).

Quanto a cronologia dos depósitos, a partir do levantamento nas diferentes bases de dados dos referidos escritórios, verificou-se que o primeiro documento que trata de síntese verde de AgNPs empregando-se matéria prima vegetal, data de 2008, encontrado na base Google Patents, com a primeira concessão datada em 2011, encontrada na base USPTO. A partir de 2015 observa-se aumento significativo nos depósitos de patentes, com tendência ascendente, sendo 2019 o ano mais expressivo quanto ao número de depósitos registrados, correspondendo a 25,7% do número total (Figura 2). A relevância dos resultados obtidos a partir desta análise nos permite concluir que: se trata de um processo de desenvolvimento tecnológico ainda emergente, que corrobora com a observação de grande atenção da comunidade científica mundial para o potencial que se vislumbra, tanto em termos de rotas verdes de produção, quanto de aplicação.

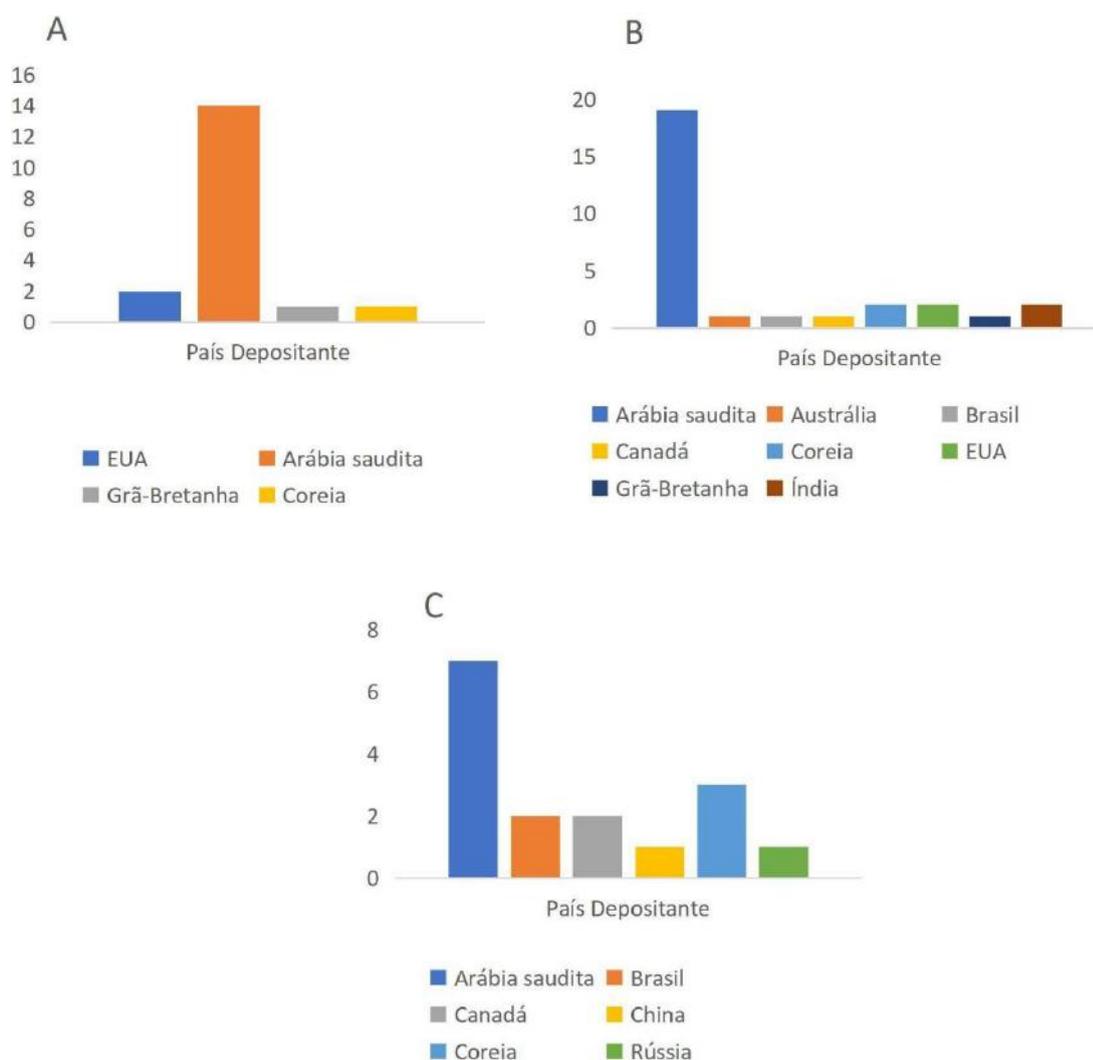
Figura 2: Evolução dos depósitos de patentes nas bases de dados USPTO, INPI, Latipat, Espacenet e Google Patents, entre 2008-2021.



Observando-se o número de depósitos nas bases de dados dos escritórios USPTO, Espacenet e Google Patents, é possível constatar recorrência de alguns depositantes naquelas três bases, confirmando-se novamente posição de destaque para a Arábia Saudita como o país com o maior número de depósitos registrados nas bases pesquisadas (Fig. 3).

Documentos originários do Brasil também se destacam do ponto de vista quantitativo, ocupando o segundo e terceiro lugares do total de depósitos encontrados nas plataformas Google Patents e Espacenet, respectivamente, assumindo por outro lado, a liderança de depósitos na América Latina conforme registros das bases INPI e Latipat (dados não mostrados). A liderança regional reflete as condições locais existentes que favorecem o desenvolvimento de iniciativas que abrangem esta temática, sobretudo em razão da conjunção de fatores determinantes presentes em território nacional. Contudo, presume-se que há potencial para crescimento ainda maior com chances reais de assumir a posição de maior depositário de patentes relacionadas a obtenção de AgNPs por rotas de síntese verde no mundo, desde que haja interesse da comunidade científica e investimentos neste campo de pesquisa cuja relevância pode ser explicada por uma característica fundamental, qual seja, o amplo espectro de aplicações das AgNPs.

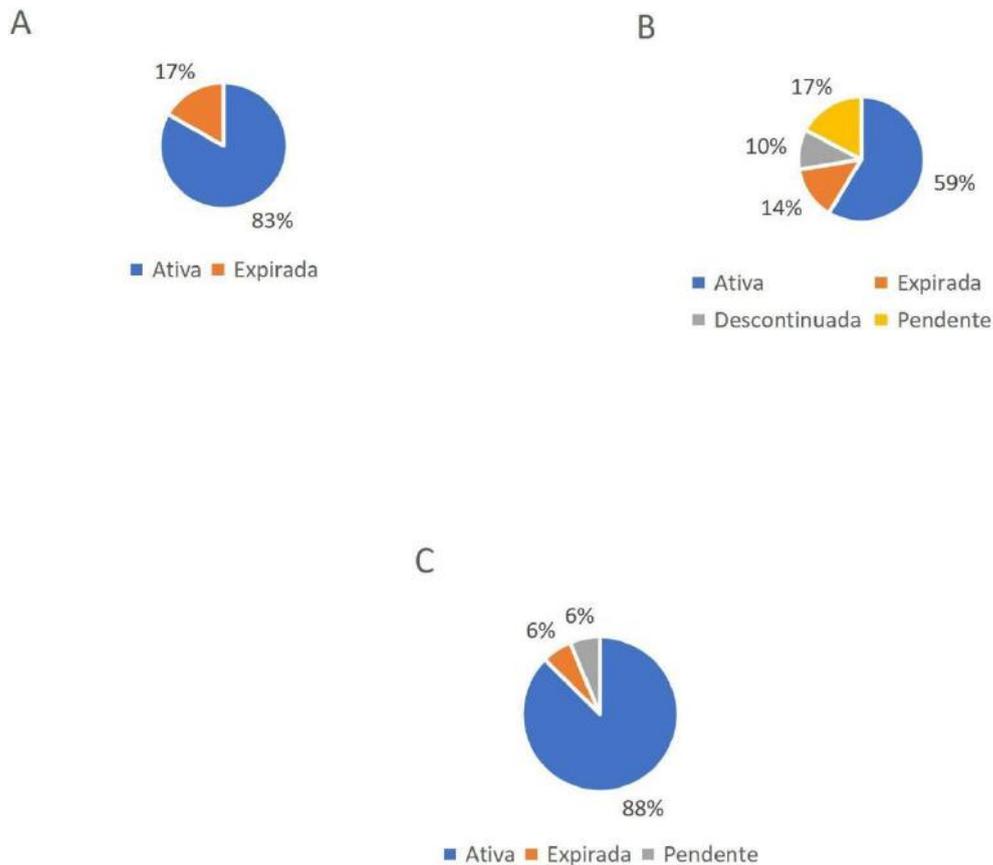
Figura 3: Total de depósitos de carta-patentes por país, cujos números foram obtidos junto aos escritórios USPTO (A); Espacenet (B) e Google Patents (C).



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

A partir da análise dos status de todas as cartas patente recuperadas é possível notar que a maioria dos depósitos permanecem ativos até o presente momento, variando entre 59% e 88%, a depender do escritório de patentes analisado. Um total de 17% dos documentos da base ESPACENET e 6% da Google Patents encontram-se ainda na modalidade pendente, aguardando análise. O total de expiradas, ou seja, que já perderam o prazo de proteção, correspondem a um menor percentual, de 6 a 14%, conforme registros nas bases pesquisadas (Figura 4). Importante ressaltar que todas as patentes das bases INPI e LATIPAT estão ativas (dados não mostrados). A pertinência destes resultados reside no fato de que se tratam de processos tecnológicos com interesses de proteção intelectual mantidos, existindo ainda possibilidades de aplicação inexploradas, estando o Brasil em situação promissora quanto a possibilidade de assumir independência neste campo, tornando-se autônomo quanto ao suprimento das demandas nacionais por AgNPs, e, talvez, um grande exportador mundial.

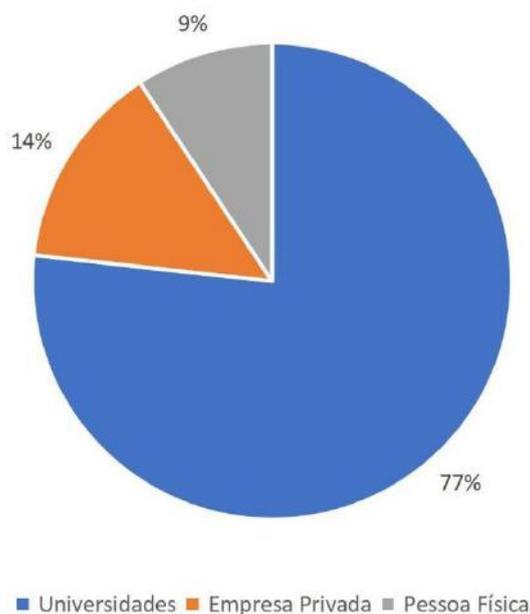
Figura 4: Status legal das cartas-patente recuperadas das bases de dados USPTO (A), Espacenet (B) e Google Patents (C).



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Observa-se na Figura 5, a distribuição dos principais depositantes em cenário mundial, estando em sua maioria em domínio das Universidades (77%), seguindo-se de empresas privadas (14%) e pessoas físicas (5%). Em âmbito nacional, 100% dos depósitos de patentes realizados no Brasil foram efetivados por Instituições Universitárias, em sua maioria públicas, refletindo o papel dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) na proteção das tecnologias desenvolvidas em ambiente acadêmico, impulsionados pela Lei de Inovação (Brasil, 2016). Com base nestes dados destaca-se a importância das iniciativas, implementadas nos últimos anos pelas Agências de Fomento à Pesquisa, de aproximação da Academia com o setor produtivo, no sentido de executarem em conjunto projetos de cunho tecnológico que venham a atender a demanda nacional por inovação e a permanência de pesquisadores nas indústrias.

Figura 5: Distribuição setorial dos pedidos de patentes relacionadas a síntese verde de AgNPs.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Ao se analisar a origem do material vegetal utilizado nos processos de obtenção de AgNPs por rota verde, percebe-se grande diversidade de espécies e variabilidade quanto a sua origem (Tabela 1). Percebe-se ainda que, do total de 43 patentes analisadas, 30 delas descrevem a utilização de espécies vegetais caracterizadas como nativas, naturalizadas ou cultivadas em solo brasileiro, de acordo com o SiBBR- Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR, 2022). Evidencia-se aqui, a importância do Brasil como celeiro inigualável de produção e fornecimento de matéria prima vegetal mundial, tal qual berçário de número apreciável de espécies encontradas somente em território nacional. Neste sentido, tal constatação reforça a necessidade de preservação das riquezas naturais presentes em solo brasileiro, sobretudo como condição fundamental para a garantia de produção sustentável e de autonomia para as próximas gerações. Por outro lado, reitera a necessidade de atenção e cuidados com a proteção intelectual de processos desenvolvidos a partir de espécies vegetais nativas, a fim de salvaguardar a soberania nacional.

Destaca-se o uso de espécies vegetais bastante conhecidas, como *Aloe vera* (Babosa), *Coffea arabica* (Café), *Rosa sp.* (Rosa), *Solanum lycopersicum* (Tomate), *Camellia sinensis* (Chá verde), *Panax ginseng* (Ginseng), *Euterpe oleracea* (Açaí), *Mentha* (Menta), dentre outras, assim como outras desconhecidas do grande público, como *Kalanchoe blossfeldiana* (Flor-da-fortuna), *Lavatera cretica* (Lavatera) e *Artocarpus integer* (Champedaque). São utilizadas de maneira semelhante nos procedimentos de obtenção dos extratos aquosos, com o uso de macerados de folhas, caule, raízes, frutos e/ou uma combinação desses, para posterior adição de solução de AgNO_3 no meio reacional e subsequente formação das AgNPs. Corrêa Júnior e Scheffer reforçam o grande potencial de estabelecimento do país como grande centro produtor de insumo vegetal, quando mencionam a utilização

de menta e Ginseng-brasileiro para a obtenção de AgNPs em seus trabalhos (Júnior & Scheffer, 2014).

Nota-se, também, ao fazermos a análise da Tabela 1, duas colunas destinadas à análise do produto das técnicas estudadas. Primeiramente observando os variados tamanhos das AgNPs, chama atenção a abrangências dos diâmetros de nanopartículas obtidas, levando à ideia de diferentes aplicações referentes à essas diferenças. Já sobre essas aplicações, denota-

se usos referentes aos aspectos antibacterianos, antimicrobicos e anticancer, seguidos por métodos de tratamento de água de esgoto, tratamento de poluição do ar, desenvolvimento de materiais médicos, controle de pragas agrícolas, usos na indústria têxtil, entre outros.

Tabela 1: Relação entre espécies vegetais descritas nas cartas patente de processos de produção de AgNPs por rotas verdes, tamanho das nanopartículas obtidas, aplicações tecnológicas para quais as AgNPs foram destinadas e a origem da planta utilizada, segundo *Reflora e Flora do Brasil 2020*.

Espécies e Porções da planta Utilizadas	Tamanho da nanopartícula produzida	Aplicação tecnológica	Exótica ou Nativa do Brasil?
Extrato aquoso das folhas de <i>Azadirachta indica</i>	Menor que 10 nm	Método de produção de nanofilme anti-biótico	Cultivada
Gel aquoso de <i>Aloe vera</i>	Entre 15 e 20 nm	Produção de tecido anti-microbólico	Cultivada
Extrato aquoso das partes aéreas de <i>Euphorbia milii</i>	Entre 10 e 25 nm pelo extrato da folha / Entre 60 e 100 nm pelo extrato do caule / Entre 30 e 50 nm pelo extrato das flores	Aplicação médica antimicrobica e antioxidante / Ótima fonte de produção de nanopartículas de prata	Cultivada
Extrato aquoso da casca da semente de café (<i>Coffea arabica</i> e <i>Coffea canephora</i>)	Entre 8 e 10 nm	Método de produção de nanopartículas de prata e nanocompósitos	Naturalizada / Naturalizada
Extrato aquoso da planta do gênero <i>Ocimum</i> (por exemplo: <i>Ocimum basilicum</i> ou manjerição-de-folha-larga)	Entre 30 e 50 nm	Método de detectar mercúrio em soluções aquosas / Método de produção de nanopartículas por rota verde	Nativa
Extrato aquoso da planta <i>Commiphora molmol</i> (Mirra)	Entre 5 e 100 nm	Tratamento de ferimentos epidêmicos causados por leishmaniose / Método de produção verde de nanopartículas de prata	Nativa
Extrato aquoso de "Goma arábica" (resina natural retirada de espécies de acácias)	Entre 1 e 25 nm	Tratamento gengival	Exótica
Folhas de <i>Solenostemma argel</i> / Sementes de <i>Trigonella foenum-graecum</i> / Pó de <i>Cinnamomum cassia</i>	Tamanho médio de 50,73 nm	Método de tratamento de feridas causadas por diabetes / Método de produção verde de nanopartículas de prata	Exótica / Exótica / Exótica
Extrato aquoso das folhas de <i>Artocarpus integrifolia</i> (jaca)	Entre 1 e 30 nm	Novo método de produção das nanopartículas de prata	Naturalizada
Extrato do fungo <i>Fusarium oxysporum</i>	Tamanho médio de 104,1 nm	Tratamento de câncer (mais preferencialmente câncer de bexiga urinária não-musculo invasivo (CBNMI))	Desconhecido
Extrato aquoso das sementes de <i>Trigonella foenum-graecum</i> (Helba/Feno-grego)	Tamanho médio de 83,01 nm	Produção de filme de nanocompósitos	Exótica
Extrato aquoso dos bulbos de <i>Aristolochia bracteolata</i>	Entre 12 e 50 nm	Produção de filme de nanocompósitos	Exótica
<i>Fusarium oxysporum</i>	Entre 10 e 20 nm	Tratamento do Câncer de próstata / Método mais barato e ambientalmente amigável	Desconhecido
Extrato aquoso das folhas de <i>Dendropanax morbifera</i>	Entre 5 e 10 nm	Tratamento de Câncer de pulmão	Exótica
Extratos aquosos de: chá, chá verde, café, bálsamo de limão, farelo de sorgo e combinações deles. / Também utilizados: surfactante à base de plantas e óleo de ricino, óleo de coco, óleo de soja, óleo de semente de algodão, óleo vegetal de ocorrência natural, óleo de milho etoxilado, óleo de palma etoxilado, óleo de soja etoxilado, óleo de ricino etoxilado, óleo de coco etoxilado, óleo de ricino polioxiétileno, óleo de ricino de polietilenoglicol, ácido graxo de coco etoxilado, éster de polietilenoglicol de ácido graxo de coco, ácido graxo de óleo de coco etoxilado, monoéster de polietilenoglicol de ácido graxo de óleo de coco, polietilenoglicol monoéster de coco, óleo de coco etoxilado, ácido graxo de coco etoxilado, coccoato de polietilenoglicol, monococoato de polietilenoglicol, éster de monococo de polietilenoglicol, amida de polietilenoglicol de monococoate, éster de ácido graxo de óleo de coco de polietilenoglicol, monococoato de polioxiétileno, cocamida de polietilenoglicol, amida de coco de polietilenoglicol, amida de polioxiétileno, amida de coco etoxilada amidificada de coco ácido graxo monoetanolamida, coco etoxilado ácido graxo, extrato de iuca, extrato de madeira-sabão, ou extratos de outras plantas que produzem saponinas, ou uma combinação dos mesmos.	Entre 20 e 60 nm	Remediação de solo e água subterrânea, tratamento de água e esgoto, tratamento de poluição do ar, teste de diagnóstico médico, materiais médicos, administração de drogas direcionadas, catalise de reações de síntese química, controle de poluição ou dispositivos de monitoramento, células de combustível ou eletrônicas / Também como novo método de produção de nanopartículas	Naturalizadas
Extrato aquoso de <i>Lentinus edodes</i>	Entre 20 e 40 nm	Método de produção das nanopartículas	Nativa
Extrato aquoso de <i>Trichoderma harzianum</i>	Não caracterizado	Controle de pragas agrícolas	Desconhecido
Extrato aquoso das pétalas de Rosa	Entre 40 e 150 nm	Método de produção das nanopartículas	Cultivada
Extrato aquoso das sementes de <i>Gardenia jasminoides</i>	Tamanho médio de 20 nm	Método de manufatura das nanopartículas de prata	Cultivada
Extrato aquoso das folhas de <i>Thelypteris glandulosolanosa</i> (Raqui-Raqui)	Tamanho médio de 31,45 nm	Tratamento neoplásico / Produto terapêutico adequado para o tratamento do câncer de mama / Aplicação direta nas áreas da farmácia, medicina, nanotecnologia e biotecnologia	Exótica
Sulfato de Condroitina (póssacarídeo) como agente estabilizador (SC)	Tamanho médio de 450 nm	Obtenção de curativos com características superficiais adequadas que proporcionem uma forte aderência tecidual permitindo a ativação, proliferação e diferenciação das células e acelerando o processo de cicatrização do ferimento	Desconhecido
Extrato aquoso de Amido das raízes de <i>Manihot esculenta</i> Crantz (mandioca)	Entre 5 e 20 nm	Nanobiosensores / Na indústria alimentícia e têxtil (embalagens e roupas com propriedades antimicrobianas) / Painéis solares / Biorremediação	Nativa

Extrato de Tomate (apresenta a proteína ferritina) / Polpa da fruta triturada (sem a casca e sem sementes)	Diâmetro de aproximadamente 10 nm	Rota verde ambientalmente amigável para a síntese de nanopartículas metálicas, como Au, Ag, Cu, Pt e Pd, juntamente a nanopartículas magnéticas, como a magnetita / Potencial terapêutico (alta atividade antioxidante) / Sensores para diagnósticos, carregamentos de drogas, tratamento foto térmico em vários tipos de doenças e aplicações em imagiologia / Áreas da química, biotecnologia, nanotecnologia, cosmética e terapêutica, assim como aplicações para tratamentos de biotecnologia, agentes terapêuticos, agentes de entrega de fármacos, catalise, agentes catalíticos de efluentes, imãs, circuitos com micro resistência e dopantes, <i>dentre outras</i>	Cultivada
Extrato aquoso da polpa liofilizada do açaí (<i>Euterpe oleracea mart.</i>)	Tamanho de aproximadamente 20 nm	Método de síntese verde de nanopartículas	Nativa
Pó de café (Tata Bru Coffee 99%) / Pó de chá (Red Label 99% from Tata, Índia)	Entre 20 e 60 nm	Descontaminação de solo e água subterrânea	Naturalizadas
Extrato aquoso de <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> (planta inteira murcha)	Tamanho médio de 50 nm	Método de síntese verde de nanopartículas de prata	Cultivada
Extrato aquoso das flores de <i>Abelmoschus esculentus</i>	Tamanho médio de 13,24 nm	Método de síntese verde de nanopartículas de prata com propriedades anti-microbianas	Cultivada
Extrato da planta ou parte da planta <i>Lavatera cretica</i> (Folhas principalmente)	Entre 5 e 24 nm (média 11 nm)	Efeito anti-hiperglicêmico / Método de tratamento da hipoglicemia	Cultivada
Extrato aquoso de <i>Pouteria caimito</i> (planta toda, incluindo o fruto)	Entre 10 e 25 nm	Propriedade anti-câncer (principalmente câncer bucal)	Nativa
Extrato aquoso das folhas de <i>Mentha</i> (Menta de Medina) / Os tipos de menta produzidos e utilizados são "Nammam" e "Doosh"	Diâmetro médio de 61.11 nm nas produzidas por Nammam e Diâmetro médio de 42.37 nm nas produzidas por Doosh	Desenvolvimento da técnica para um modo de produção mais ambientalmente amigável e barato	Naturalizada
Seiva vegetal obtida das folhas e talos de monocotiledôneas e dicotiledôneas (Nicotiana sp., Musa sp., Psidium sp., Avena sp., Azadirachta sp., Chenopodium sp., Syzygium sp., Citrus sp., Glycine sp., Spinacia sp., Carica sp., Stevia sp., Pinus sp., Diopyros sp., Ginkgo sp., Magnolia sp., Platanus sp., Nicotiana benthamiana, Musa praedisiaca, Psidium guava, Avena sativa, Azadirachta indica, Chenopodium album, Syzygium aromaticum, Citrus, Glycine max, Spinacia oleracea, Hordeum vulgare, Triticum spp, Zea mays, Oryza sativa, Solanum tuberosum, Daucus carota, Brassica spp, Beta vulgaris, Saccharum, Solanum lycopersicum or Vitis.)	Entre 5 e 100 nm	Método de produção de nanopartículas ambientalmente amigáveis e mais baratas	Naturalizadas
Olea europaea – extrato aquoso do fruto / Acacia nilotica – extrato aquoso da planta	Tamanho médio de 83 nm	Tratamento anti-bacterial e anti-câncer	Cultivada / Cultivada
Trichoderma reesei	Tamanho médio de 27.5 nm	Método de síntese verde de nanopartículas de prata / Fármacos	Nativa
Extrato aquoso de folhas de azeitona (<i>Olea europaea L.</i>)	Entre 20 e 40 nm	Tratamento de câncer de mama	Cultivada
Extrato aquoso de folhas de <i>Artocarpus integer</i>	Entre 20 e 30 nm	Método de produção de nanopartículas de metais nobres por rota verde	Exótica
Extrato aquoso das folhas de <i>Alternanthera bettzickiana</i> (Regel) G.Nicholson	Entre 5 e 15 nm	Anti-bacterial / anti-câncer / anti-microbica	Naturalizada
Extrato aquoso de casca de laranja e extrato aquoso de <i>Acacia nilotica</i>	Entre 5 e 100 nm	Método de produção de nanopartículas metálicas por rota verde / propriedades anti-microbicas	Naturalizada / Cultivada
Extrato aquoso das folhas e raízes de Panax ginseng (Ginseng) e raízes de Ginseng vermelho	Entre 10 e 30 nm	Sistema de entrega de nano-drogas / Fármacos / Tratamentos anti-câncer e anti-inflamatórios	Exótica
Extrato aquoso de Trufas do deserto (<i>Torfeziaceae</i>)	Entre 20 e 30 nm	Controle microbial e de parasitas	Naturalizada
Extrato aquoso de sementes de <i>Trigonella foenum-graecum</i>	Tamanho médio de 43.8 nm	Propriedades anti-microbianas / Tratamento de água de esgoto	Exótica
Extrato aquoso das sementes de <i>Pimpinella anisum</i>	Tamanho médio de 8.3 nm	Método de produção de nanopartículas de prata por rota verde	Cultivada
Extrato aquoso da biomassa fúngica (<i>Alternaria pluviseptat</i> e <i>Alternaria alternata</i>)	Entre 1 e 300 nm	Tratamento de água de esgoto	Naturalizadas
Extrato aquoso das sementes de <i>Coffea arabica</i>	Não caracterizado	Método não tóxico para a saúde humana e meio ambiente	Naturalizada

Fonte: Autores.

5. Conclusões

A partir das pesquisas nas bases de dados das plataformas INPI, Espacenet, Google Patents, Latipat e USPTO, foram recuperados 74 documentos relacionados a síntese verde de AgNPs, dos quais 43 não se repetiam. Dentre os países depositantes, numericamente, destacam-se a Arábia Saudita, seguida do Brasil, Coreia do Sul, EUA, Canadá, Índia, Austrália, China, Grã-Bretanha e Rússia. O Brasil ocupa posição de liderança na América Latina, embora não reflita a realidade do quantitativo de artigos científicos publicados em revistas especializadas para o mesmo período pesquisado (2011-2021). Evidencia-se assim, a necessidade de maior atenção a proteção intelectual relativa a pesquisas envolvendo processos de obtenção de AgNPs por rota verde em território nacional.

A grande maioria dos depósitos de cartas patente permanecem ativos, demonstrando processos tecnológicos com interesses de proteção mantidos. Dentre os agentes depositantes observa-se que 100% dos depósitos originários do Brasil foram efetivados por Instituições Universitárias, reforçando a necessidade de maior aproximação da Academia com o setor

produtivo, no sentido de estimular a inserção da pesquisa científica nas indústrias, por exemplo, com vistas a fomentar a implementação de P e D em ambientes não acadêmicos com foco na geração de produtos inovadores.

Em relação às espécies vegetais utilizadas nos documentos analisados, observou-se que 30 cartas patente descreviam a utilização de espécies vegetais nativas, naturalizadas ou cultivadas em solo brasileiro, evidenciando o grande potencial nacional para o desenvolvimento de processos desta natureza. Deve-se ressaltar a riqueza da biodiversidade vegetal em território nacional e a necessidade de atenção quanto a proteção intelectual de processos desenvolvidos com espécies vegetais nativas, a fim de salvaguardar a soberania nacional, além das chances de assegurar autonomia e liderança mundial na produção de AgNPs, desde que interesses e investimentos sejam priorizados.

Para novos trabalhos cujo foco seja a produção de AgNPs por rotas de síntese verde, sugere-se a realização de prospecção em bancos de patentes sobre eventual depósito de processo ou obtenção de produtos utilizando-se de substratos similares, como também a proteção intelectual dos novos achados por meio do depósito em bancos de patentes, a fim de garantir proteção e salvaguardar titularidade frente a biodiversidade nacional como também garantia de autonomia e soberania quanto a produção de AgNPs para diferentes aplicações.

Referências

- Akhtar, M. S., Panwar, J. & Yun, Y. S. (2013). Biogenic synthesis of metallic nanoparticles by plant extracts. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 1 (6), 591-602.
- Baggio, A. A. & Medrado, M. J. S. (2003). Sistemas Agroflorestais e Biodiversidade. *Seminário [Sobre] Sistemas Agroflorestais E Desenvolvimento Sustentável*. <http://saf.cnpq.br/publicacoes/05.pdf>.
- Backx, B. P. & Filho, S. A. (2020). "Processo de síntese de nanopartículas de prata utilizando o extrato da folha de goiabeira", BR 10 2018 076729 1 A2.
- Baker, S. et al. (2013). Plants: Emerging as Nanofactories towards Facile Route in Synthesis of Nanoparticles. *Bioimpacts*, 3 (3), 111-117.
- Brasil. (2016). Presidência da República. Lei nº 13.243, de 11 de Janeiro de 2016. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/13243.htm>
- CAPES (2022) -Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES). < "<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez32.periodicos.capes.gov.br/index.php>">.
- Casanova, M. C. R. (2010). *Síntese, caracterização e estudo da estabilidade de nanopartículas metálicas estabilizadas com polieletrólitos e tióis*. Dissertação apresentada ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Cauerhff, A. & Castro, G. R. (2013). Bionanoparticles a green nanochemistry approach. *Electron. J. Biotechnol*, 16 (3) <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue3-fulltext-3>.
- Gandara, J. S. et al. (2022). Safer plant-based nanoparticles for combating antibiotic resistance in bacteria: A comprehensive review on its potential applications, recent advances, and future perspective. *Science of the Total Environment* (16), 1-21.
- Garrido, E. C. et al. (2018). *Estudo de prospecção tecnológica: avaliação do depósito de patentes de uma amostra de indústrias localizadas no polo petroquímico de Camaçari*. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – SENAI CIMATEC.
- Ingale, A. G. (2013). Biogenic synthesis of nanoparticles and potential applications: an ecofriendly approach. *Journal of Nanomedicine & Nanotechnology*, 4 (2).
- Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants, *Green Chem.* 13, 2638– 2650, <http://dx.doi.org/10.1039/C1GC15386B>.
- Jagtap, U. B. & Bapat, V. A. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using *Artocarpus heterophyllus* Lam. seed extract and its antibacterial activity, *Ind. Crop. Prod.* 46, 132-137.
- Júnior, C. C. & Scheffer, M. C. (2014). As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. *Horticultura Brasileira*, 32 (3), 1-1.
- Lopes, C. R. B. & Courrol, L. P. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles with extract of *Mimusops coriacea* and light. *Journal of Luminescence*, 199, 183–187.
- Montenegro, K. B. M. & Carvalho, C. L. C. (2016). Guia de Ações Preventivas em Propriedade Intelectual, Informação Tecnológica e Transferência de Tecnologia para geradores de conhecimento. Editora FIOCRUZ. 39p.
- Patil, M. P. & Kim, G. D. (2017). Eco-friendly approach for nanoparticles synthesis and mechanism behind antibacterial activity of silver and anticancer activity of gold nanoparticles, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101 (1).

Rajeshkumar, S. & Bharath, L. V. (2017). Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles - A review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity. *Chemico Biological Interactions*, 273, 219-227.

Severino, A. J. (2018). Metodologia do trabalho científico. Ed. Cortez, 320p.

SiBBR (2022) - Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade Brasileira. <<<http://sibbr.gov.br/?lang=pt-BR>>>.

Srikar, S., Giri, D., Pal, D., Mishra, P. & Upadhyay, S. (2017). Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review. *Green and Sustainable Chemistry*, 6, 34-56.

Wagner, H. & Bladt, S. (2001). Plant druganalysis. *Springer-Verlag*, vol. 2.