

Estudo Prospectivo e Tecnológico da Celulose com Ênfase em Nanocelulose e Catálise

Prospective and Technological Study of Cellulose with emphasis on Nanocelulose and Catalysis

Munique Gonçalves Guimarães¹

Rafael Benjamin Werneburg Evaristo¹

Julio Lemos de Macedo¹

Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento¹

Grace Ferreira Ghesti¹

¹ Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Resumo

A celulose é o constituinte da biomassa mais abundante do mundo e é composta por biopolímeros de glicose. Um estudo prospectivo sobre celulose com ênfase em nanocelulose e catálise é apresentado sob duas perspectivas: indicadores tecnológicos baseados em documentos patentários e em artigos científicos indexados. Foram encontrados um total de 190.615 documentos patentários relacionados à celulose, sendo que 47,6% desse valor está compreendido no período de 2012-2016, majoritariamente depositados pela China e Estados Unidos. A fim de agregar valor à celulose, a nanocelulose tem apresentado destaque nas áreas de química e de materiais nos últimos anos. Dentre os subdomínios, a nanocelulose aplicada à catálise ainda apresenta baixa maturidade tecnológica sendo apresentados os indicadores desta baixa prontidão tecnológica e estabelecidas perspectivas para suas futuras aplicações.

Palavras-chave: Celulose. Nanocelulose. Catálise.

Abstract

Cellulose is the most abundant biomass constituent in the world and is composed of biopolymers of glucose. A prospective study on cellulose with an emphasis on nanocellulose and catalysis is presented from two perspectives: technological indicators based on patent documents and indexed scientific articles. A total of 190615 patent documents related to pulp were found, of which 47.6% is comprised in the period 2012-2016, mostly deposited by China and the United States. In order to add value to cellulose, nano-cellulose has been prominent in the areas of chemistry and materials in recent years. Among the subdomains, the nanocellulose applied to catalysis still presents low technological maturity and it has shown the indicators of this low profile and establishes use perspectives.

Keywords: Cellulose. Nanocellulose. Catalysis.

Área tecnológica: Celulose. Nanotecnologia. Catálise.



1 Introdução

A dependência atual do uso de energias não renováveis gera diversos problemas nos âmbitos da áreas ambientais, sociais e econômicas. Essa gama de problemas levou a comunidade científica a pesquisar soluções, a fim de diminuir o uso de energia advinda de fontes convencionais, para estimular o uso de fontes renováveis (GARCIA *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2016).

Uma possível fonte de energia renovável é a biomassa, que possui capacidade de geração de energia por apresentar características específicas, tais quais: abundância, constância de fornecimento para a indústria e facilidades logísticas na cadeia produtiva (ZHANG *et al.*, 2017).

Entretanto existem controvérsias quanto à sua sustentabilidade, visto que a sua utilização ainda enfrenta graves problemas. Há um dilema alimento *versus* combustível, em que o uso de insumos agrícolas como combustíveis pode prejudicar o abastecimento alimentar da população, tendo em vista que a fome global é um dos grandes problemas do século XXI. Além disso, há impactos frequentemente associados à produção dos insumos, para a qual utiliza-se área de florestas e pastagens para o plantio. Com isso, observa-se um impacto negativo na biodiversidade, devido a grandes campos devastados, escassez de água e poluição, bem como à qualidade do ar (NECHPORCHUK *et al.*, 2016).

No contexto de desenvolvimento sustentável, sabe-se que a utilização de biomassas lignocelulósicas resultantes da agricultura e atividades industriais, não apenas implica em agregar valores econômicos ao processo produtivo, mas também na minimização dos problemas ambientais relacionados ao seu acúmulo (GARCIA *et al.*, 2016). A celulose tem atraído a atenção em decorrência de sua composição, abundância, biodegradabilidade, sustentabilidade e biocompatibilidade. Além disso, apresenta propriedades físico-químicas intrínsecas: baixa temperatura de expansão, boas propriedades mecânicas, insolubilidade na maioria dos solventes orgânicos e caráter higroscópico, as quais proporcionam características fundamentais para a preparação de novos biomateriais (NECHPORCHUK *et al.*, 2016).

Dependendo da fonte de extração da celulose existem diversas formas de aplicação deste material extraído, tais quais fibras, filmes fotográficos, substituintes de vidro, ligas para tintas ou pastas de papel, adesivos, sabonetes e resinas sintéticas. E um grande consumidor é a indústria da construção civil, que a emprega em gesso, cimento, pasta para papel de parede ou adesivos especiais com espessantes à base de celulose (JUNIOR *et al.*, 2013).

Recentemente, tem-se investido cientificamente e industrialmente na preparação e aplicação de nanomateriais, uma vez que apresentam maior valor agregado, a fim de que a nanotecnologia modifique processos industriais, os modernizando, por meio da substituição de materiais de origens não renováveis e não biodegradáveis através da melhoria de processos, proporcionando assim condições para a produção de novos produtos, com aplicações inovadoras, os quais agregarão valor à cadeia produtiva em questão (BRINCHI *et al.*, 2013).

Diante desse contexto, os materiais nanocelulósicos, cuja estrutura apresenta dimensões de 1 – 100nm e possuem propriedades físico-químicas, tais quais alta cristalinidade, grande área superficial, alta estabilidade térmica e uma diversidade de fontes, estão em evidência em diferentes âmbitos da ciência e tecnologia. Destacam-se suas aplicações nas áreas de química e de materiais nos últimos 20 anos em função de suas características (MALUCELLI *et al.*, 2017).

Milanez *et al.* (2014), em seu trabalho intitulado “Prospecção tecnológica dos processos de obtenção da nanocelulose a partir de indicadores tecnológicos” tiveram como objetivo realizar o mapeamento da prospecção tecnológica sobre nanocelulose e suas principais formas de obtenção. Apesar de trazer uma abordagem robusta sobre a prospecção no tema da nanocelulose, o trabalho não traz exemplos de aplicações desta tecnologia. Desta forma, estudos que trazem o mesmo contexto da prospecção tecnológica, mas com enfoque nas aplicações, proporcionam uma diversificação de estudos nesta área, proporcionando perspectivas de aplicações futuras induzidas sem um propósito definido anteriormente ao desenvolvimento do estudo.

Kaushik e Moores (2016) apresentam as mais diversas formas de aplicação de nanocelulose em catálise, ilustrando seu uso como suporte, estabilizador e/ou agente redutor na síntese de várias nanopartículas. Posteriormente, demonstram o uso desses compósitos, como, por exemplo, em floculantes reversíveis sensíveis ao pH, aerogéis, sensores, produtos farmacêuticos, materiais quirais e catalisadores. Já Mondal (2017) em sua revisão, cita diversas aplicações de materiais nanocelulósicos, tais como andaimes que podem ser preparados usando nanocelulose bacteriana (BNC) aplicados em biomedicina, filme de nanocelulose oxidada que exibe excelente adesão celular e, logo, apresenta potencial para o desenvolvimento de biomateriais, demonstrando assim, aplicações desse tipo de material nas mais diversas áreas de tecnologia.

Com o intuito de comparação de dados entre os estudos acadêmicos desenvolvidos e a geração de registro de produtos e/ou processos de cunho tecnológico, foi realizado um estudo prospectivo sobre celulose com ênfase em nanocelulose e catálise, a fim de acompanhar pesquisas e desenvolvimentos, gerar conhecimento e subsidiar planos e decisões, proporcionando novos processos e produtos com maior aderência ao setor produtivo.

2 Metodologia

A metodologia utilizada baseou-se em duas perspectivas de prospecção utilizando as bases de dados:

- a) Tecnológica: realizada por meio de pesquisa de patentes;
- b) Científica: por meio de pesquisas de artigos.

As buscas ocorreram no período de 2 a 6 de Abril de 2018 adotando-se três bases de dados como fonte de pesquisa, sendo elas: Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e ORBIT (plataforma de busca *on-line*) para patentes e *Web of Science* para artigos científicos indexados.

Para se alcançar o objetivo do presente trabalho, foram selecionadas palavras-chave específicas para a condução da prospecção tecnológica por meio do monitoramento nas bases de patentes e artigos científicos. As palavras selecionadas para a busca em ambas as bases foram “cellulos*”, “nanocelulos*”, “nanocellulos*” or “nano-cellulos*” or “cellulose nanoparticle or cellulose nano-particle”, “(nanocellulos* or nano-cellulos*) and cataly*” e “(nanocellulos* or nano-cellulos*) and cataly* and support”. Tais palavras foram selecionadas por satisfazerem os critérios técnicos e científicos da área e foram as que trouxeram resultados mais coerentes para os objetivos deste trabalho. O Quadro 1 mostra os resultados obtidos nas pesquisas no banco de patentes e artigos científicos que serão discutidos no decorrer deste trabalho.

Os principais operadores booleanos utilizados foram “*”, “AND” e “OR”. As palavras-chave utilizadas nestas buscas atendendo aos verbetes em inglês, com uso das truncagens necessárias, foram descritas na tabela 1.

A busca na base *Web of Science* (WEB OF SCIENCE, 2018) foi realizada através da inserção dos termos de busca em “search”, “documentsearch”, “articletitle”, “abstract”, “language: English”.

Na plataforma de busca *on-line* ORBIT (ORBIT, 2018) realizaram-se as buscas selecionando-se a opção “busca avançada” e, na sequência, inseridas as palavras-chave no “título” e no “resumo”. Ela foi utilizada para a reprodução das buscas realizadas e geração de figuras e gráficos específicos a partir dos resultados obtidos. Além disso, a busca realizada na base INPI (INPI, 2018) foi realizada somente com palavras em português.

Na literatura, uma ampla gama de nomenclaturas é utilizada para categorizar essas nanoceluloses, por exemplo, nanocristalinas de celulose (NCCs), celulose nanocristalina (NCCs), celulose nanocristais (CNCs), nanowhiskers de celulose (CNWs), celulose nanofibras (CNFs), celulose nanofibrilada (NFCs), nanofibras celulose (NFC), celulose bacteriana, celulose bacteriana e / ou nanocelulose bacteriana (BCNs), o que dificulta o uso mais específico do tipo de celulose nas buscas patentárias, preferindo-se utilizar o termo mais abrangente.

O Quadro 1 mostra, respectivamente, os resultados obtidos através dos bancos de patentes nas plataformas de busca *on-line* ORBIT, INPI e *Web of Science*.

Quadro 1 – Pesquisa por combinações de palavras-chave nas plataformas de busca *on-line* ORBIT, INPI e *Web of Science*

TERMOS	BANCOS PATENTÁRIOS		BANCO CIENTÍFICO
	ORBIT	INPI	<i>Web of Science</i>
cellulos*	190.615	2.048	101.698
nanocelulos*, nanocellulos* or nano-cellulos* or cellulose nanoparticle or cellulose nano-particle	885	19	1.425
(nanocellulos* or nano-cellulos*) and cataly*	49	0	131
(nanocellulos* or nano-cellulos*) and cataly* and support	3	0	21

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

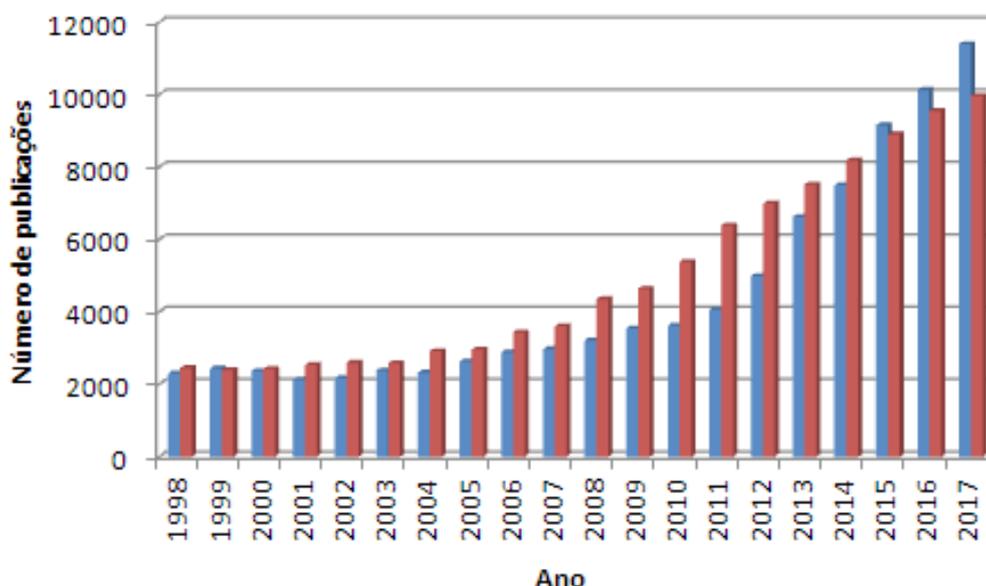
3 Resultados e Discussão

3.1 Celulose

Quando se busca nos bancos de dados a palavra “cellulos*”, observa-se que 65,2% das comunicações foram pedidos de patente, enquanto que 34,8% foram classificados como artigo. Portanto, a celulose apresenta ampla aplicação industrial, o que justifica o número de patentes ser superior ao número de artigos, ou seja, indica que as tecnologias estão disponíveis ou apresentam amplo potencial para aplicação no setor produtivo.

O patenteamento em celulose, com base nos últimos 20 anos, concentrou 44,6% (88761) do total de documentos, sendo que dentro desse valor, 50,4% está agrupado no período de 2013- 2017. Já a produção científica, apresentou um total de 99.807 comunicações realizadas, sendo que, dentre esse montante, 44,3% foram publicados nos últimos cinco anos, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Quantidade de depósitos de patentes e artigos nos últimos 20 anos sobre celulose, recuperados pela plataforma de busca *on-line* Orbit (vermelho) e pelo banco de dados *Web of Science* (azul)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2017)

Esse resultado é consequência do avanço da ciência utilizando fontes de biomassa, após a inserção do protocolo de Kyoto (1998) (GARCIA *et al.*, 2017), que realça o caráter atual e emergente de tecnologias na área em questão relacionadas à química verde com ênfase em redução de gases de efeito de estufa.

Em relação à produção industrial e à comercialização de produtos à base de celulose, vale ressaltar a grande quantidade de empresas que utilizam a celulose para geração de materiais, sendo os principais depositantes de patentes: Fujifilm (com 2.167 documentos), Ici (com 2.021 documentos), Kodak (com 1.989 documentos), Du Pont de Nemours (com 1.755 documentos), Igarbenindustrie (com 1.755 documentos), Bayer (com 1.315 documentos), Basf (com 1.285 documentos), Novartis (com 538 documentos), Panasonic (com 475 documentos), dentre outras. Observa-se que nenhum depositante foi advindo de Universidade e centros de pesquisas, o que indica um provável início de maturação das pesquisas (pesquisas não mais em nível de bancada, e sim de desenvolvimento tecnológico), considerando-se os paradigmas atuais e perspectivas.

No que se refere à produção, os principais produtos pesquisados/comercializados estão dentro dos domínios tecnológicos: química de materiais, farmacêutico- biotecnologia, procedimentos industriais, instrumentação eletrônica, máquinas – transporte- mecânica, química dos alimentos. Quando se refere a domínio científico, as principais categorias encontradas são: ciência dos polímeros (16.614); biotecnologia aplicada a microbiologia (11.060); química mul-

tidisciplinar (10.806); engenharia química (9.380) e ciência dos materiais (7.766). O que está de acordo com os domínios tecnológicos.

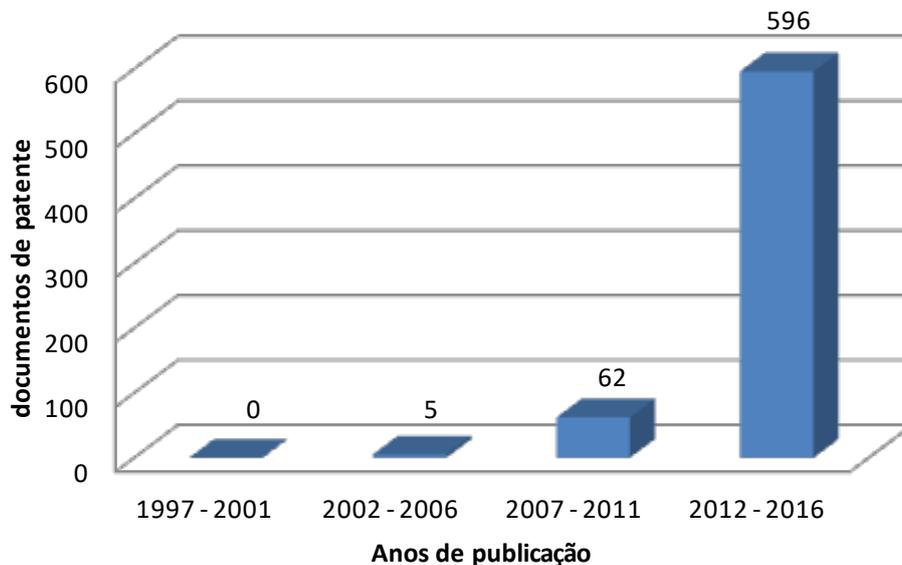
3.2 Nanocelulose

As nanoceluloses são oriundas de diferentes fontes, sendo as três principais: nanofibrilas de celulose (CNFs), celulose nanocristais (CNCs) e nanocelulose bacteriana (BNC).

O patenteamento dos processos de obtenção da nanocelulose vem crescendo consistentemente desde 2008, com destaque para a biossíntese bacteriana, que acumulou o maior número de pedidos nos últimos cinco anos, com um total de 693 pedidos de patentes e 5.995 documentos científicos.

De acordo com a ferramenta de pesquisa tecnológica, plataforma de busca *on-line* ORBIT sobre “nanocellulos* or nano-cellulos* or cellulose nanoparticle or cellulose nano-particle”, nos últimos anos, ela apresentou apenas cinco famílias de patentes. Já no período de 2012 – 2016, o número teve um crescimento expressivo, correspondendo a 90,6% do total (713), conforme a Figura 2. Justifica-se esse aumento considerável no número de documentos de patentes como consequência dos programas de incentivos à nanotecnologia (STOKES, 2009).

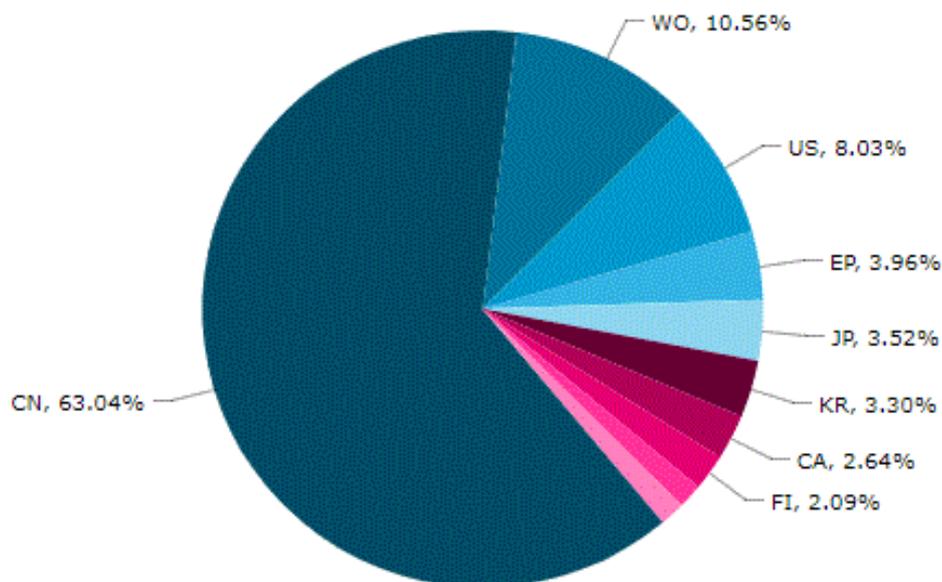
Figura 2 – Quantidade de depósito de patentes nos últimos anos sobre nanocelulose, recuperados pela busca na plataforma de busca *on-line* Orbit



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

Outra razão para o grande avanço recente da nanocelulose está associado às políticas de incentivo adotadas por países como China, EUA, Japão, República da Coreia e países da União Europeia. Como resultado, são os países que mais apresentam depósitos de patente na área, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Distribuição dos depósitos de patentes por país na plataforma de busca *on-line* Orbit relacionados com nanocelulose



Fonte: ORBIT (2018)

Dentre os principais países depositantes, o que se destaca com 63,04% é a China (CN). Esse resultado está associado às privatizações dos institutos de pesquisa chineses e ao impulso dado a pesquisas em nanotecnologia com o lançamento de dois programas de pesquisa, em 1999, pelo Ministério de Ciência e Tecnologia do país (*National Key Basic Research Program* e *Applied Research on Nanomaterials Program*) (SHEN *et al.*, 2018) e pela reestruturação do sistema de propriedade intelectual da China.

Ainda, de acordo com a Figura 3, é possível observar que os países que apresentam maior quantidade de depósitos de patente estão localizados no continente asiático (China (CN), Japão (JP), República da Coreia (KR) e Índia (IN)), dois na Europa (Finlândia (FI) e Organização Européia de Patentes (EP)), três na América (EUA (US), Canadá (CA) e Brasil (BR)) e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) (WIPO)(WO).

O WO apresenta 10,56% de solicitações de pedidos de patentes internacionais, os quais não são necessariamente novos pedidos de patente, mas sim depósitos com a mesma unidade inventiva em outros países.

O domínio BR, correspondente ao Brasil, apresenta 1,81% dos pedidos de patente. Essa baixa porcentagem pode estar associada à baixa dinâmica do desenvolvimento tecnológico no país, com pouca proteção de tecnologias mediante o sistema de patentes, além de um potencial mercado de negócios e inovações. Mesmo assim é um dos 10 países com mais depósitos, principalmente porque o Brasil se configura como um dos maiores produtores de celulose do mundo, uma vez que sua atividade agropecuária recebe destaque mundial.

Atualmente, a maioria dos documentos publicados enfatiza a diversidade de aplicações e mercados decorrentes da nanocelulose, destacando-se os setores de alimentos e bebidas, recobrimentos, filmes biodegradáveis, barreiras em embalagens, agentes texturizantes em cosméticos, componentes estabilizantes de filmes e membranas, produtos para cuidados médicos e de saúde (como curativos, implantes bioartificiais, bioativos) e observa-se um destaque a dois

setores: química macromolecular – polímeros e indústrias de papel e têxtil, conforme a Figura 4, mas poucas aplicações comerciais têm ocorrido efetivamente.

Figura 4 – Domínios relacionados a patentes depositadas sobre nanocelulose e recuperadas pela plataforma de busca *on-line* Orbit



Fonte: ORBIT (2018)

Os principais domínios tecnológicos associados aos documentos patentários de nanocelulose são a química macromolecular, que envolve 48,8%, e a química de materiais básicos, com 15,9% do total, indicando o desenvolvimento tecnológico voltado para processos de obtenção e aplicação e produtos acima listados (Figura 4), além de catálise, química coloidal e mistura, o que sugere a busca de soluções envolvendo materiais compósitos ou híbridos.

Os artigos científicos pioneiros publicados no domínio da química macromolecular tratam da preparação e caracterização da nanocelulose (cristalinidade, grau de polimerização, morfologia, ...) sendo que os principais estudos estão na área de: celulose nanocristalina, gerada através de hidrólise enzimática ou ácida (NCC); nanofibras de celulose, obtidas após desfibrilação mecânica de fibras celulósicas (MFC); e celulose bacteriana, obtida via biosíntese (BC), no qual geram diversas morfologias (GARCÍA *et al.*, 2016).

No Brasil, os depósitos de patentes envolvendo nanocelulose ainda são muito recentes e apresentam em seu domínio apenas 11 depositantes, o que demonstra que a maioria das patentes depositadas cita o processo de produção de nanocelulose a fim de aplicá-la em um material, conforme a Tabela 1, principalmente a partir de fermentação bacteriana, deixando de lado toda a fonte vegetal da rica biodiversidade encontrada no país. Ainda, observa-se um recente crescimento no número de depósitos anuais de pedidos de patentes, acompanhando

a tendência mundial, porém principalmente por não residentes, o que pode representar uma ameaça ao desenvolvimento tecnológico do nanomaterial por instituições brasileiras.

Tabela 1 – Publicações de patentes brasileiras

NÚMERO DA PUBLICAÇÃO	TÍTULO	CLASSIFICAÇÃO
BR 11 2017 022596 4	Método para a produção de nanocelulose com alto teor de sólidos.	D21C
BR 11 2016 022192 3	Processo para produzir um material de nanocelulose.	C08B
BR 11 2016 014715 4	Processo para produzir um material de nanocelulose e Processo para produzir um material de nanocelulose hidrofóbico.	C08B
BR 10 2014 007363 9	Polpa de papel de nanocelulose, processo para obtenção e uso na restauração de obras de arte e documentos em papel.	D21H
BR 10 2013 032585 6	Processo de obtenção de bioetanol, esperidina e nanocelulose a partir de bagaço de laranja.	C12P
BR 11 2014 000864 7	Composição de nanocelulose, material de nanocelulose e produto contendo nanocelulose.	C08B
BR 11 2014 000862 0	Processo para produzir um material de nanocelulose.	C08B
BR 10 2013 027126 8	Processo de utilização de nanocelulose em tinta para revestimento de papel, cartão, térmico e lwc.	C09D
BR 11 2015 006159 1	Composição de revestimento de nanocelulose, seus usos e método para sua fabricação.	B41M
BR 11 2014 032026 8	Método para preparar um material de nanocelulose não derivado de baixa energia, uso de morfolina, piperidina ou misturas das mesmas e uso de uma solução aquosa de morfolina, piperidina ou misturas das mesmas.	C08B
BR 11 2012 009141 7	Processo para a produção de papelão e cartolina, que possuem alta resistência a seco, nanocelulose, e composição aquosa.	D21H
PI 1006335-8	Método e processo de obtenção de fibras de nanocelulose, fibras de nanocelulose e uso das mesmas.	D01C
PI 0906117-7	Processo de redução das fibras de celulose e obtenção de nanocelulose, microcélulose e açúcares a partir de celulose.	D21C
PI 0911507-2	Método para provisão de nanocelulose envolvendo modificação de fibras de celulose.	A61J

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

Em contrapartida, quando se fala de nanocelulose no Brasil, a maior parte das comunicações está aplicada a atividades científicas, produzindo principalmente artigos indexados, pois há incentivo às universidades públicas, de onde também se origina a grande maioria da produção científica, sobretudo nos programas de pós-graduação.

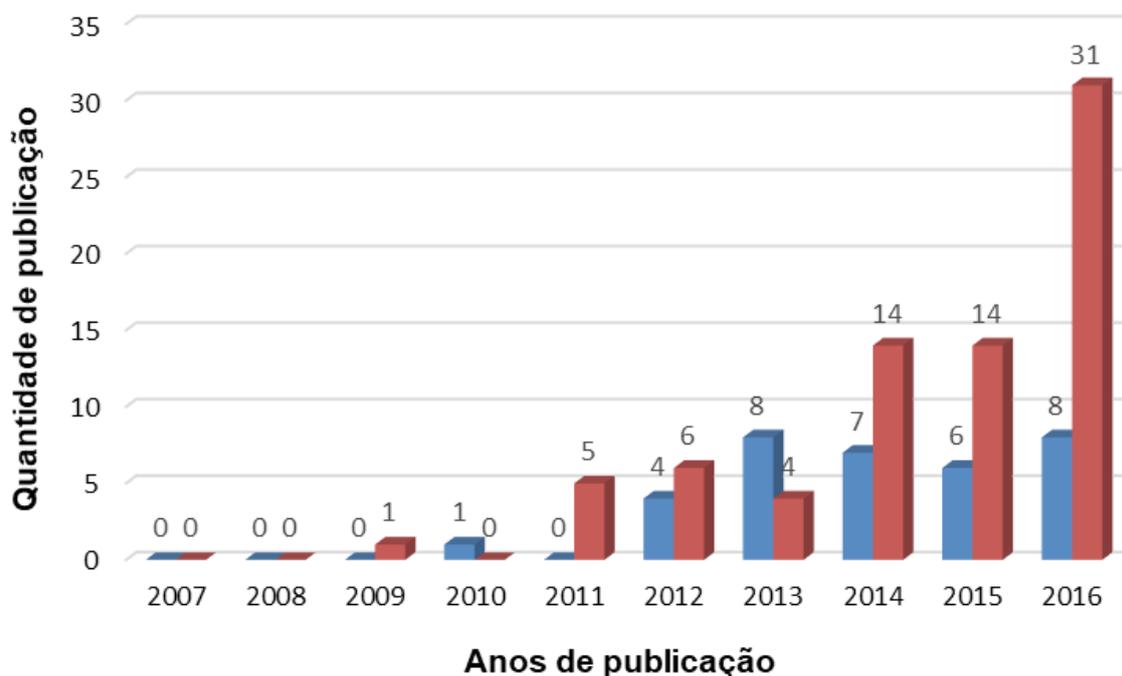
No Brasil, apenas no ano de 2001 a nanotecnologia começou a ter visibilidade com iniciativas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que estabeleceu as primeiras Redes de Nanociência. O objetivo desse investimento foi criar e apoiar a

inovação em nanotecnologia nas empresas, fomentar pesquisa, desenvolvimento e inovação, formar recursos humanos, disseminar a nanotecnologia na sociedade, incentivar a cooperação internacional, apoiar a proteção da propriedade intelectual e o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o setor (MILANEZ, 2015).

3.3 Nanocelulose e Catálise

Uma área que tem chamado a atenção é a nanocelulose aplicada à catálise, a qual contribui amplamente para o desenvolvimento de uma sociedade renovável e sustentável, a fim de incrementar processos produtivos mais eficientes. Visando uma aplicação da nanocelulose à catálise, a literatura publicada entre 2007-2016 aumentou expressivamente em âmbito mundial, conforme observado na Figura 5.

Figura 5 – Quantidade de depósito nos últimos 10 anos sobre nanocelulose e catálise, recuperados pela busca na plataforma de busca *on-line* Orbit (patente) e no banco de dados *Web of Science* (vermelho)

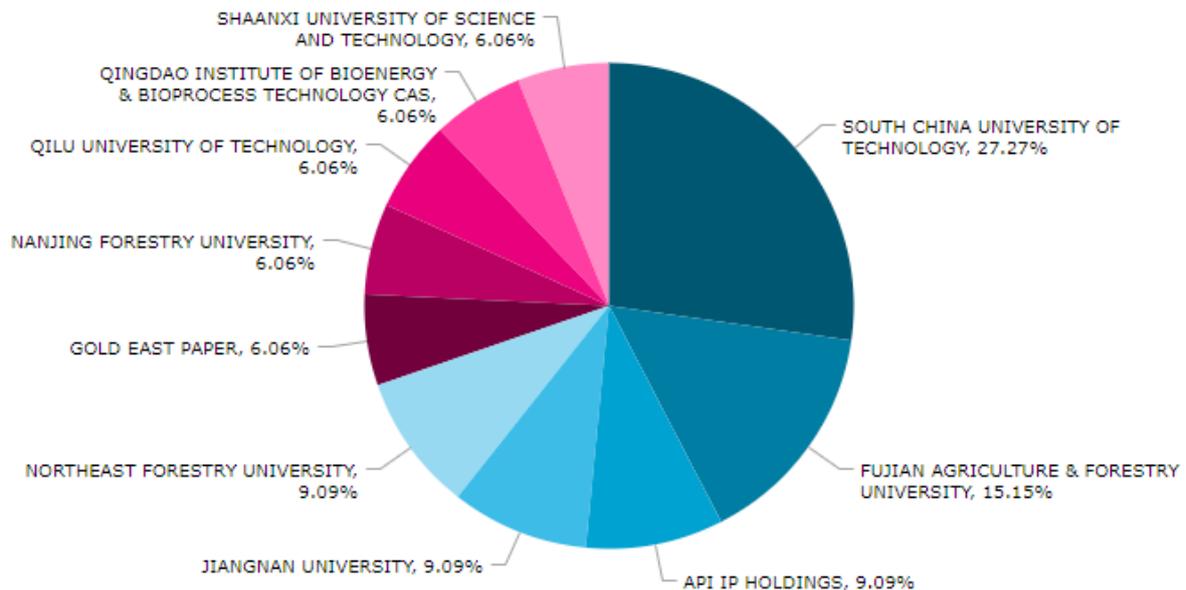


Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

Este resultado indica o interesse da comunidade acadêmica na pesquisa sobre a nanocelulose e catálise, e enfatiza a sua convicção sobre o potencial promissor associado a esse material.

Vale destacar que não há apenas um titular específico, mas diversos países depositantes, se destacando principalmente CN, WO, EP, US, BR, sendo que as principais instituições, em sua maioria universidades, que dominam essa tecnologia são South China University of technology, Jiangnan University, Fujian agriculture & forestry University, Gold East Paper, Northeast Forestry University, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Principais instituições depositantes de patentes



Fonte: ORBIT (2018)

Isso demonstra que as universidades apresentam maior participação dos depósitos quando relacionam-se catálise e nanocelulose, o que indica que se encontra em uma fase emergente do desenvolvimento e que ainda é preciso haver uma maior parceria entre universidade (indutora da pesquisa), empresas (setor produtivo de bens e serviços) e governo (setor regulador e fomentador, o que denota o modelo da hélice tríplice, visando à produção de novos conhecimentos, à inovação tecnológica e ao desenvolvimento econômico).

A fim de restringir mais a busca foram utilizadas as palavras-chave “nanocellulos* and cataly* and support”. Sabe-se que uma das possibilidades de uso é para aumentar a área superficial e impedir a aglomeração de nanoparticulados, proporcionando agregar maior número de sítios ativos disponíveis na superfície, a fim de melhorar a interação e a funcionalidade catalítica (MILANEZ, 2015)

Como resultado, um total de três documentos (um de 2012 e dois de 2014) foi encontrado, apresentando os títulos “Carbon fiber composite, process for producing same, catalyst-carrying body and polymer electrolyte fuel cell”; “Methods of producing bacterial nanocelulose from cassava bagasse” e “Processing of plant material into bacterial feed stock”; todos encontrados na área de biotecnologia e pertencentes a países europeus.

Além disso, foi possível verificar que a aplicação da nanocelulose à catálise como suporte ainda necessita de um nível maior de pesquisa e exploração, como a busca por novas técnicas e um estudo mais profundo do estado da técnica e do histórico da tecnologia.

Logo, o estudo indica uma área bastante promissora para desenvolvimento tecnológico, apresentando uma tendência indutiva para a industrialização e o desenvolvimento de novos produtos baseados em biomassa, com ênfase em biorrefinarias relacionadas a biocombustíveis.

Os principais desafios para o desenvolvimento da nanocelulose, tanto no Brasil como no mundo, incluem a necessidade de diminuição dos custos e o aumento da escala de produção

do nanomaterial a partir de fontes renováveis, a fim de aumentar a maturidade tecnológica do processo e buscar parcerias com a indústria, e editais de fomento para realizar essa pesquisa (MILANEZ, 2015).

Além disso, há também as dificuldades em aumentar a escala de produção e há baixo domínio sobre os aspectos relativos aos riscos à saúde e ao meio ambiente da produção em escala industrial desses materiais. Simultaneamente, também há falta de regulamentação e normalização para o manuseio, produção e descarte de nanomateriais (MILANEZ, 2015).

Ainda, foram identificadas algumas dificuldades relevantes relacionadas à caracterização das propriedades mecânicas, reológicas, de superfície, de biocompatibilidade, entre outras, dos diversos tipos de nanocelulose. Por causa da elevada área superficial advinda do seu tamanho nanométrico, a nanocelulose tende a aglomerar-se facilmente durante o processo de obtenção, dificultando sua caracterização e sua aplicação em processos tecnológicos (MILANEZ, 2015).

4 Considerações Finais

Após a realização da prospecção tecnológica, os documentos de celulose apresentaram, em sua maioria, maior número de patentes do que artigos. Logo, conclui-se que as tecnologias apresentam potencial ou aplicação industrial e que a pesquisa básica é incipiente. Além disso, observou-se que as maiores empresas depositantes de patente são: Fujifilm, Basf, Novartis, Panasonic, as quais já possuem processos produtivos consolidados e reconhecidos mundialmente.

Na perspectiva brasileira, observa-se que o Brasil é um dos maiores produtores de celulose do mundo, porém isso não foi refletido nos documentos patentários, como demonstrado na revisão da literatura, visto que apenas 1,8% das patentes depositadas são brasileiras. Este resultado sugere que, na visão dos outros países, o Brasil possui baixa competência tecnológica no setor, oferecendo baixo risco para a dispersão das tecnologias.

Em contrapartida, a nanocelulose apresentou resultado contrário ao obtido para a celulose. Foi observada uma maior quantidade de artigos do que de patentes, o que pode ser justificado pela dificuldade na obtenção de nanomaterial, principalmente pela viabilidade técnica e econômica. Sendo assim, a tecnologia de nanomateriais é caracterizada como de nível de pesquisa básica, incipiente e ainda há a necessidade de um amadurecimento tecnológico e financeiro para a aplicação em escala industrial, assim como o estabelecimento de demarcação regulatória.

Logo, o presente estudo levantou as pesquisas já existentes sobre o tema, para avaliar as tendências de mercado e as aplicações tecnológicas, a fim de respeitar os preceitos da química verde e processos ambientalmente recomendáveis. Assim, é possível traçar uma metodologia mais adequada para a pesquisa que visa ao desenvolvimento de novas tecnologias utilizando nanocelulose aplicada à produção de biocombustíveis em escalas superiores.

Referências

BRINCHI, L.; COTANA, F.; FORTUNATI, E.; KENNY, J. **Carbohydrate Polymers**, v. 94, n. 1, p. 154-169, 2013.

GARCÍA, A.; GANDINI, A.; LABIDI, J.; BELGACEM, N.; BRAS, J. **Industrial Crops and Products**, v. 93, p. 2-25, 2016.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. **Revista Ciência da Madeira**, v. 8, p. 21-28, 2017.

GHESTI, G. F. **Preparação e caracterização de catalisadores para produção de biocombustíveis**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de materiais). Instituto de Química, Universidade de Brasília, UNB, São Carlos, 2016.

INPI. [Base de dados – Internet]. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual; 2018. Disponível em: < <http://www.inpi.gov.br>> . Acesso em: 26 abr 2018.

JEDVERT, K.; HEINZE, T. **Journal of Polymer Engineering**, v. 37, p. 845-860, 2017.

JUNIOR, L. C. D. S. F.; MIRANDA, C. S. de; JOSÉ, N. M. **Cadernos de Prospecção**, v. 6, p. 181-189, 2013.

KAUSHIK, M.; MOORES, A. Nanocelluloses as versatile supports for metal nanoparticles and their applications in catalysis. **Green Chemistry**, v. 18, n. 3, p. 622-637, 2016.

MALUCELLI, L. C.; LACERDA, L. G.; DZIEDZIC, M.; SILVA, C. F. M. A. da. **Review in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 16, p. 131-145, 2017.

MILANEZ, D. H. **Elaboração de indicadores de ciência e tecnologia para o monitoramento de avanços tecnológicos em nanocelulose**. 2016. 221f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Brasília, 2015.

MILANEZ, D. H.; CHANCHETTI, L. F.; AMARAL, R. M. do; FARIA, L. I. L. de; ISHIKAWA, T. T.; GREGOLIN, J. A. R. Prospecção tecnológica dos processos de obtenção da nanocelulose a partir de indicadores tecnológicos. In: **Anais do 69º Congresso anual da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração**, 2014.

MONDAL, S. Preparation, properties and applications of nanocellulosic materials. **Carbohydrate polymers**, v. 163, p. 301-316, 2017.

NECHYPORCHUK, O.; BELGACEM, M. N.; BRAS, J. **Industrial Crops and Products**, v. 93, p. 2-25, 2016.

ORBIT INTELLIGENCE. [plataforma de busca *online* – Internet]. Orbit Intelligence – Questel; 2018. Disponível em: <<https://www.orbit.com>> . Acesso em: 26 abr 2018.

RAJINIPRIYA, M.; NAGALAKSHMAIAH M.; ROBERT, M. ELKOUN S. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 6, p. 2807-2828, 2018.

STOKES, E. **Legal Studies**, v. 29, p. 281-304, 2009.

SHEN, Z. H.; WANG, J. J.; LIN, Y.; NAN, C. W.; CHEN, L. Q.; SHEN, Y. **Advanced Materials**, v. 30, n. 1704380, 2018.

WEB OF SCIENCE. [Base de dados – Internet]. Web of Science; 2018. Disponível em: <http://apps-wofknowledge.ez54.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=8AgfshhQMm4TUNzn2Dd&preferencesSaved=>> . Acesso em: 26 abr. 2018.

ZHANG, K.; PEI, Z.; WANG, D. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 21-33, 2016.

Sobre os autores

Munique Gonçalves Guimarães

E-mail: muniquegg@gmail.com

Bacharel em Química Tecnológica pela Universidade de Brasília (2015). Mestre em Química pela Universidade de Brasília (2017). Doutoranda em Tecnologias Química e Biológica pela Universidade de Brasília (2017) no Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise Aplicada à Energias Renováveis (LaBCCERva) - IQ/UnB.

Endereço Profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Química, Laboratório B1-75/31. Asa Norte. CEP: 70904-970 - Brasília, DF - Brasil.

Rafael Benjamin Werneburg Evaristo

E-mail: rafael.werneburg@gmail.com

Bacharel em Química Tecnológica pela Universidade de Brasília (2017). Mestre em Química pela Universidade de Brasília (2018). Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Química (2018), no Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise Aplicada à Energias Renováveis (LaBCCERva) - IQ/UnB.

Endereço Profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Química, Laboratório B1-75/31. Asa Norte. CEP: 70904-970 - Brasília, DF - Brasil.

Julio Lemos de Macedo

E-mail: julio@unb.br

Bacharel em Química pela Universidade de Brasília (2001). Mestre em Química pela Universidade de Brasília (2003). Doutor em Química pela Universidade de Brasília (2007).

Endereço Profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Química, Laboratório B1-75/31. Asa Norte. CEP: 70904-970 - Brasília, DF - Brasil.

Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento

E-mail: pbarboni@unb.br

Bacharel em Química pela USP (1998). Mestre em Química pela FFCLRP/USP (2001). Especialista lato sensu em Tecnologias na Aprendizagem, no Centro Universitário Senac (2016). Doutor em Química na FCFRP - Universidade de São Paulo (USP) (2005). Pós-Doutor em Farmacologia pela FMRP (2009).

Endereço Profissional: Universidade de Brasília, UNB - Campus Ceilândia. QNN14 - Área Especial. Ceilândia Sul. CEP: 72220-140 - Brasília, DF - Brasil.

Grace Ferreira Ghesti

E-mail: grace@unb.br

Bacharel em Química pela Universidade de Brasília (2004). Mestra em Química pela Universidade de Brasília (2006). Mestra pelo Programa de Mestrado Profissionalizante em Certified Brewmaster Course Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, VLB, Alemanha (2008). Doutora em Química pela Universidade de Brasília (2009).

Endereço Profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Química, Laboratório B1-75/31. Asa Norte. CEP: 70904-970 - Brasília, DF - Brasil.