

PROSPECTIVE STUDY OF PRODUCTS AND PROCESSES BASED ON CARBOHYDRATE HYDROLYSIS

ESTUDO PROSPECTIVO DE PRODUTOS E PROCESSOS BASEADOS NA HIDRÓLISE DE CARBOIDRATOS

Francisco Diêgo da Silva Chagas¹; Francisca Cristiane Nogueira²; Aura Lucia Chacon Parra³; Ana Lucia Ponte Freitas⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Biologia Molecular - PPG-Bioquímica
Universidade Federal do Ceará– UFC – Fortaleza/CE – Brasil – chagasdiegos@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Biologia Molecular - PPG-Bioquímica
Universidade Federal do Ceará– UFC – Fortaleza/CE – Brasil – crys_nogueira22@hotmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Biologia Molecular - PPG-Bioquímica
Universidade Federal do Ceará– UFC – Fortaleza/CE – Brasil – alchaconp@unal.edu.com

⁴ Universidade Federal do Ceará – Fortaleza/CE – Brasil – pfreitas@bioquimica.ufc.br

Resumo

Os carboidratos são macromoléculas complexas, essenciais para a vida e presentes em todos os organismos vivos. São as moléculas orgânicas mais abundantes na natureza e podem estar presentes desde as formas mais simples, monossacarídeos e oligossacarídeos, até as formas mais complexas, polissacarídeos. A hidrólise desses polímeros é uma técnica empregada há muitos anos para gerar produtos que são utilizados na indústria alimentícia, cosmética e de biocombustíveis. Objetivou-se realizar um estudo prospectivo sobre hidrólise de carboidratos para averiguar a quantidade de patentes de processos e produtos no banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e no Escritório Europeu de Patentes (EPO). Observou-se que o INPI possui poucos depósitos de patentes (5) em comparação ao EPO (209). Além disso, o país com maior número de patentes depositadas sobre hidrólise de carboidratos foi a China (42) e as áreas em que houveram maior número de depósitos foram as de “Química e Metalurgia” e “Agricultura”, com depósitos de patentes iniciados em 1930 e com um pico de produção na última década. Portanto, a prospecção tecnológica de patentes na área de hidrólise de carboidratos, têm crescido ao longo dos anos, em detrimento do uso crescente de carboidratos simples pela sociedade.

Palavras-chave: carboidratos; hidrólise; patentes.

Abstract

Carbohydrates are complex macromolecules, essential for life and present in all living organisms. They are the most abundant organic molecules in nature and can be present from the simplest forms, monosaccharides, and oligosaccharides, to the most complex forms, polysaccharides. The hydrolysis of these polymers is a technique used for many years to generate products that are used in the food, cosmetics, and biofuels industry. The objective was to carry out a prospective study on carbohydrate hydrolysis to ascertain the number of process and product patents in the database by the Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) and the European Patent Office (EPO). It

was observed that the INPI has fewer patent filings (5) than EPO (209). Also, the country with the highest number of patents filed on carbohydrate hydrolysis was China (42), and the areas with the highest number of deposits were the “Chemistry and Metallurgy” and “Agriculture”, with patent filings initiated in 1930 with a peak of production in the last decade. Therefore, the technological prospecting of patents in the area of carbohydrate hydrolysis has been growing over the years because of the increase in the use of simple carbohydrates by society.

Key-words: carbohydrates; hydrolysis; patents.

1 Introdução

Os carboidratos podem ser definidos como poliidroxialdeídos ou poliidroxicetonas ou ainda compostos complexos que quando hidrolisados formam aldoses e cetoses (NELSON; COX, 2019). Os carboidratos possuem uma gama de aplicações, dentre as quais podemos destacar sua utilização em vários ramos industriais e na produção de produtos, como: alimentos, papel, petróleo, adesivos, agroquímicos, farmacêuticos e têxteis. Na síntese química, o açúcar insaturado pode ser usado como intermediário sintético e o seu uso industrial é amplo devido ao baixo custo e alto volume de commodities que podem ser usados em aplicações farmacêuticas como antibióticos, antígenos e drogas sintéticas (BEMILLER, 2018).

O processo de obtenção de oligossacarídeos a partir da hidrólise de polissacarídeos costuma ser uma etapa simples, com baixo custo e reproduzível em escala industrial, facilitando seu processo de implantação. Por essas razões, a hidrólise tem sido considerada a melhor escolha para a produção de moléculas menores, como os oligossacarídeos (ÁVILA-FERNÁNDEZ et al., 2011). Além disso, pode ocorrer a produção de monossacarídeos com larga aplicação industrial, como a glicose, a partir de carboidratos complexos obtidos do amido da batata (TUNDE, 2020).

Por outro lado, a biomassa tem sido uma das matérias-primas que vem sendo bastante estudada, por esta conter polissacarídeos como lignina, hemicelulose e celulose, dos quais podem ser obtidos produtos finais ou intermediários em processos industriais (SANTOS et al., 2013). A hemicelulose pode ser utilizada para a obtenção de etanol (HERRERA-RUALES; ARIAS-ZABALA, 2014), a lignina para a produção de dispersantes ou fibras de carbono (UPTON; KASKO, 2015) e, finalmente, a celulose pode ser utilizada na indústria farmacêutica e de papel (PALME; THELIANDER; BRELID, 2016). Essas aplicações são possíveis, devido ao processo de hidrólise desses carboidratos com alta massa molar, no entanto, esse processo apresenta muitos desafios em termos de fatores de energia e desempenho (COCKBURN; LONG, 2015), sendo necessário novos estudos capazes de gerar processos que permitam a obtenção de produtos à base de hidrolisados de carboidratos de baixo custo.

O objetivo desse estudo foi realizar a prospecção tecnológica de patentes no banco de dados do Escritório Europeu de Patentes (EPO) e do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), acerca da hidrólise de carboidratos. A notabilidade desse estudo reside em entender e acompanhar as tendências de pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos e processos à luz da técnica e evitar a sobreposição de trabalhos sobre hidrólise de carboidratos em diferentes tipos de bancos de dados.

2 Metodologia

A prospecção tecnológica acerca do depósito de patentes sobre hidrólise de carboidratos, foi realizada no banco de dados internacional (EPO) e nacional (INPI), até o período de fevereiro de 2021. As palavras-chave para busca foram: “*Carbohydrate*” seguido do conectivo “*and*” e “*Hydrolysis*” para EPO e “carboidratos e hidrólise” para o INPI. O campo de aplicação selecionado foi “*title or abstract*” para o Espacenet e título ou resumo para o INPI.

Ao final do processo de busca, após obtenção dos dados em ambos os bancos, todas as patentes foram organizadas em uma planilha no excel e passaram pela análise minuciosa. Foram selecionadas as patentes que possuíam produtos relacionados a carboidratos hidrolisados e estas foram classificadas quanto: o país de publicação, o ano de publicação e a Classificação Internacional de Patentes (CIP).

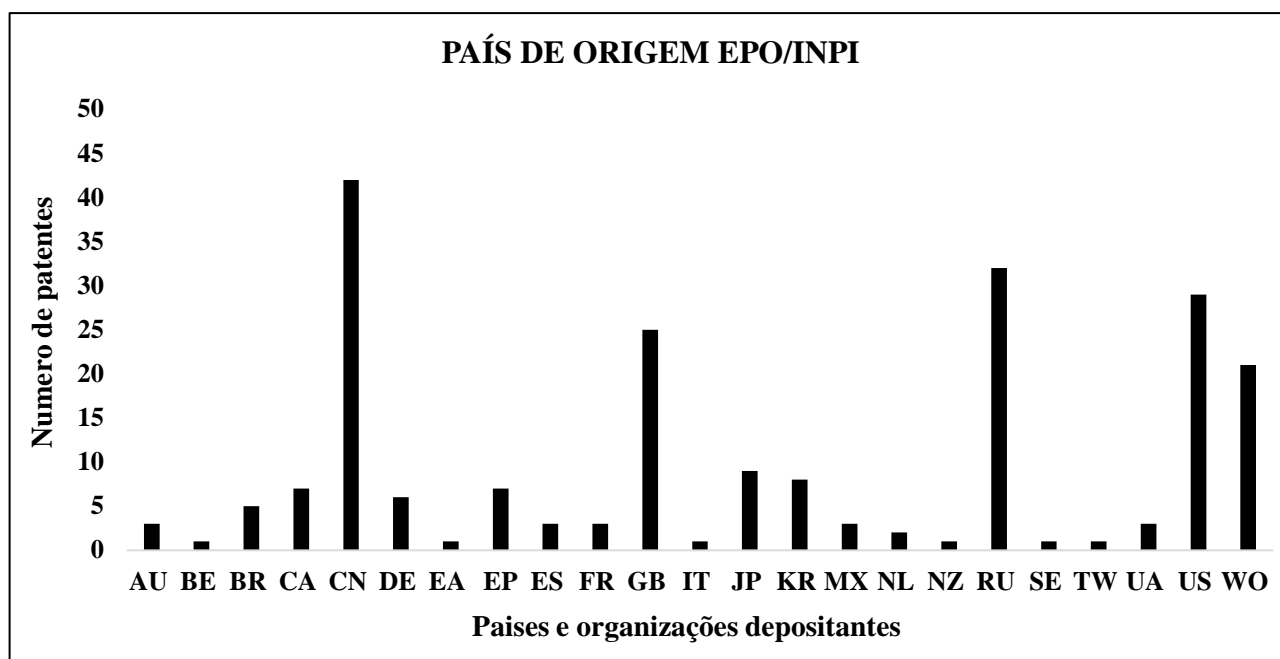
3 Resultados e Discussões

Como resultado da busca por “carboidrato e hidrólise”, com os filtros resumo e título, foram obtidos 349 depósitos de patentes no EPO e 9 resultados no INPI para o termo de busca empregado. Após a retirada das patentes sem relação com a busca de carboidratos hidrolisados, restaram 214 documentos, onde 209 resultantes foram obtidos do EPO e 5 resultados obtidos do INPI. Foi observado que as patentes publicadas no Brasil são ainda muito restritas, diferente do observado para o banco de dados Europeu (EPO), onde há um vasto número de patentes publicadas sobre carboidratos hidrolisados em áreas diversas de aplicação.

Em uma análise sobre a produção científica e tecnológica de pesquisadores de uma universidade brasileira, foi visto que apenas 1% dos pesquisadores que produzem artigos científicos submetem patentes, enquanto que na produção tecnológica há mais de 800 inventos e destes, pelo menos 61% também publicam em revistas científicas (SCARTASSINI; DE MOURA, 2020).

No intuito de averiguar quais países estão publicando nessa área, as patentes de hidrólise de carboidratos foram categorizadas quanto aos seus países de origem. O país com o maior número de patentes depositadas no EPO, sobre hidrólise de carboidratos, foi a China com 42 patentes que corresponde aproximadamente 20% do total de patentes disponíveis, seguida da Federação Russa com 32 patentes depositadas ($\cong 15\%$). Além disso, os Estados Unidos da América possui 29 patentes e o Reino Unido 25 patentes disponíveis. De modo geral, o grupo de quatro países formado por China, Federação Russa, Estados Unidos da América e Reino Unido detém aproximadamente 60% das patentes disponíveis no EPO sobre hidrolisados de carboidratos. A relação entre todos os países depositantes e o volume de patentes depositadas por cada país estão expostas na **figura 1**.

Figura 1 - Patentes depositadas sobre "carboidratos e hidrólise" no EPO e INPI de acordo com o país de origem.



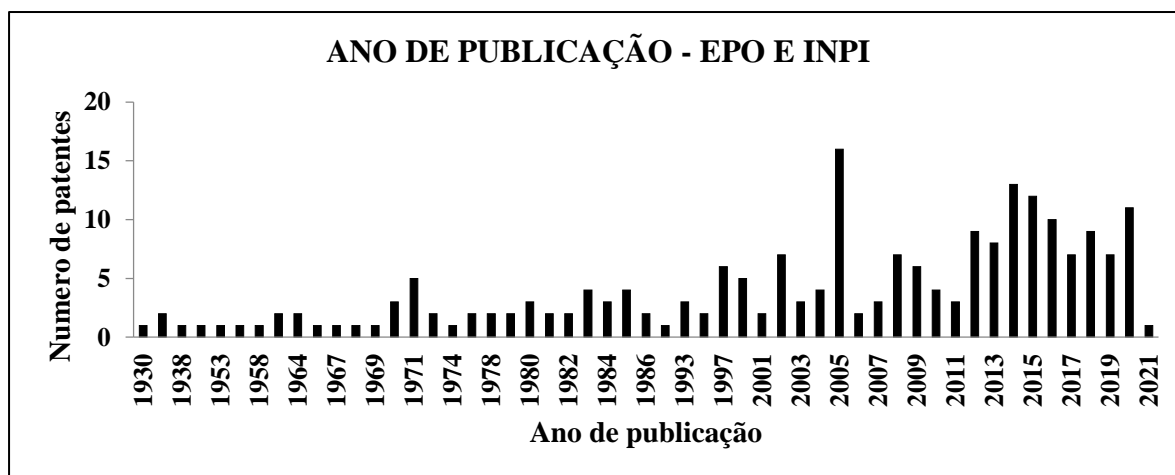
Fonte: Autoria própria (2021). AU = Austrália; BE = Bélgica; BR = Brasil; CA = Canadá; CN = China; DE = Alemanha; EA = Organização Euroasiática de Patentes; EP = Organização Europeia de Patentes; ES = Espanha; FR = França; GB = Reino Unido; IT = Itália; JP = Japão; KR = República da Coreia; MX = México; NL = Holanda; NZ = Nova Zelândia; RU = Federação Russa; SE = Suécia; TW = Taiwan; UA = Ucrânia; US = Estados Unidos da América; WO = Organização Mundial da Propriedade Intelectual.

Foi visto que a Organização Mundial da Propriedade Intelectual detém aproximadamente 10% da produção de patentes sobre hidrolisados de carboidratos, quando considerado os bancos de dados selecionados. O Brasil apresentou apenas 5 patentes depositadas sobre o assunto e foram exclusivamente encontradas no banco de dados nacional (INPI). Diante disso, é notório a pouca

geração de patentes por parte do Brasil, quando comparado aos outros países. Especialmente a China, que é um país de crescimento notável em relação ao depósito de patentes e geração de produtos, em consequência das políticas nacionais adotadas no país que buscam de forma crescente o investimento na área de pesquisa e geração de propriedade intelectual (QUINTELLA et al, 2019).

As patentes obtidas na busca, também foram classificadas em relação ao ano em que foram publicadas. A patente mais antiga sobre hidrolisados de carboidratos foi publicada em 1930. No banco de dados da EPO existe uma constante na publicação de patentes, média de 1,96 até 1997, ano em que o número de publicações começou a aumentar. Do ano de 1997 ao ano de 2021, houve um aumento considerável, pois o número médio de patentes publicadas foi de 6,82. De modo geral, 2005 foi o ano com o maior número de publicações (16) sobre produtos e processos relacionados à hidrólise de carboidratos. Isso pode estar relacionado às necessidades industriais atuais, que pode se traduzir em um maior investimento para as pesquisas que trazem benefícios ao setor industrial, seja pela melhoria da eficiência dos processos ou na geração de novos produtos. As patentes publicadas depositadas na base de dados do INPI também foram levadas em consideração. Desde 2012, foi publicada apenas 1 patente por ano, exceto em 2016, em que não houve nenhuma. Os resultados podem ser vistos na **figura 2**.

Figura 2 - Patentes depositadas sobre "carboidratos e hidrólise" no EPO e INPI de acordo com o ano de publicação.



Fonte: Autoria própria (2021).

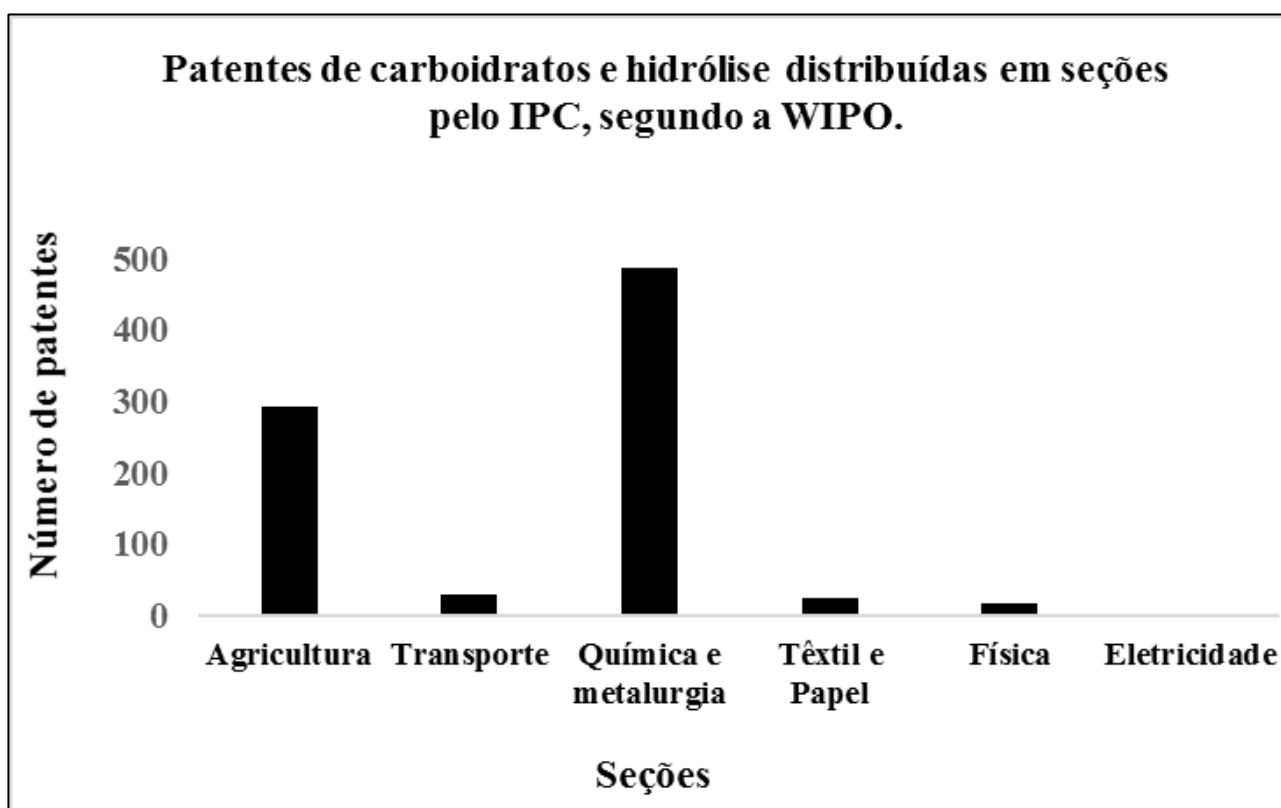
Com o objetivo de verificar as áreas em que essas patentes estão relacionadas, estas foram analisadas quanto ao código de classificação internacional de patentes (CIP). Os resultados obtidos sobre hidrolisados de carboidratos adquiridos via EPO e INPI, geraram um ou mais códigos de CIP, uma vez que, uma patente pode pertencer a mais de uma área, foram divididas nas suas respectivas seções e subseções.

As seções são classificadas segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) em categorias de A – H com suas respectivas divisões em subseções. A seção A

corresponde a grande área de agricultura; a seção B: operações de processamento e transporte; a seção C: química e metalurgia; a seção D: têxtil e papel; a seção E: construções fixas; a seção F: engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas, explosão; a seção G: física e seção e a categoria H: eletricidade.

Dentre os resultados obtidos, foi observado que as patentes de hidrólise de carboidratos pertencem a uma vasta área de seções, onde 214 patentes correspondem a 854 seções, pois uma patente foi capaz de abranger uma ou mais áreas de atuação. No entanto, foi observado que essas patentes estão concentradas principalmente na área de química e metalurgia (487), seguido de agricultura (293), transporte (30), têxtil e papel (24), física (17) e eletricidade (3) (**Figura 3**).

Figura 3 - Divisão de patentes sobre "carboidratos e hidrólise" por seções pela classificação internacional de patentes (IPC), segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO).

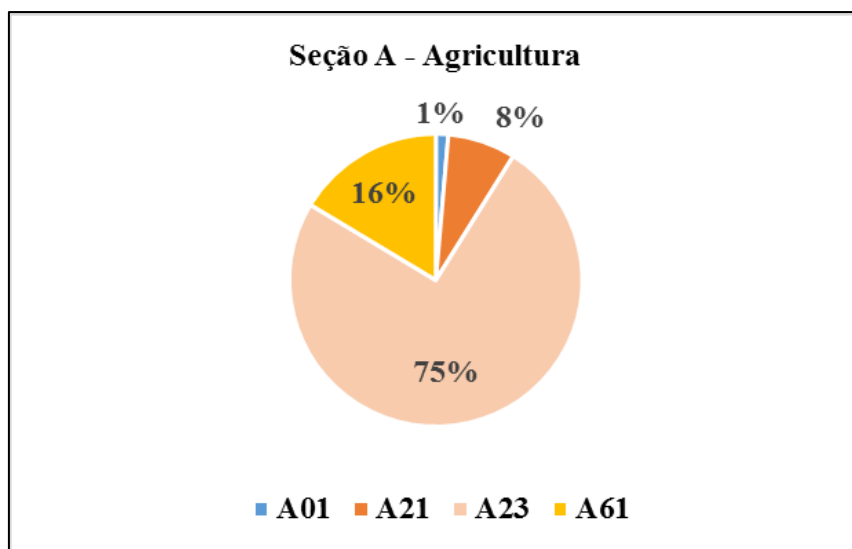


Fonte: Autoria própria (2021).

Como as seções de química e metalurgia e agricultura, foram as áreas que mais se repetiram na busca de patentes de hidrólise de carboidratos, apenas essas duas seções foram distribuídas quanto às subáreas. Na seção A (agricultura), foram encontradas patentes das subseções: A01 (agricultura, silvicultura, criação animal, caçando, armadilhas, pescaria) – quatro patentes, A21 (cozimento, equipamento para fazer ou processar molhas, massas para assar) – vinte e duas

patentes, A23 (alimentos ou gêneros alimentícios) – duzentos e dezenove patentes e A61 (ciência médica ou veterinária, higiene) - quarenta e oito patentes, como destacado na **figura 4**.

Figura 4. Divisão de patentes sobre “carboidratos e hidrólise” da seção A em subseções, pela classificação internacional de patentes (IPC), segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO).



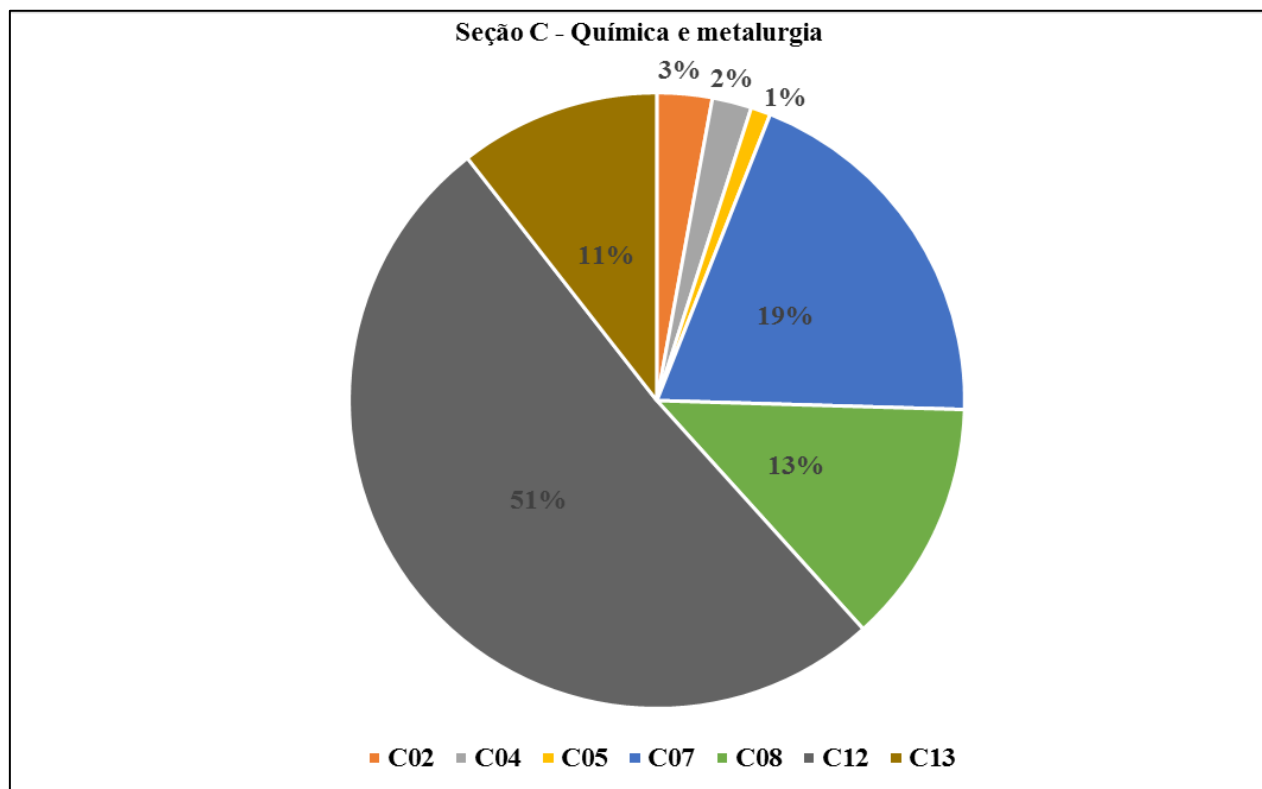
Fonte: Autoria própria (2021). A01 (agricultura, silvicultura, criação animal, caçando, armadilhas, pescaria), A21 (cozimento, equipamento para fazer ou processar molhas, massas para assar), A23 (alimentos ou gêneros alimentícios) e A61 (ciência médica ou veterinária, higiene) - quarenta e oito patentes.

Na área de agricultura, a subseção que mais se destacou em patentes de hidrólise de carboidratos, foi alimentos ou gêneros alimentícios (Figura 4), isso justifica-se pelo fato de hidrolisados de carboidratos estarem intimamente relacionados com o uso na indústria alimentícia. Uma vez que, a aplicação de D-glicose na alimentação humana é de suma importância, sendo esta obtida industrialmente, principalmente a partir de carboidratos hidrolisados em meio ácido ou por hidrólise enzimática. Além da vasta aplicação na indústria de alimentos, a alta demanda de D-glicose justifica-se também devido seu uso em outros campos industriais, tais como farmacêutico, têxtil, entre outros (SILVA; FREITAS-FILHO; FREITAS, 2018).

Na seção C (química e metalurgia), as patentes se abrangeram em várias subáreas dessa seção. Na subseção, C01 (química inorgânica) – uma patente, C02 (tratamento de água, resíduo, esgoto ou lodo) – quatorze patentes, C04 (cimento, concreto, pedra artificial, cerâmica, refratários) – dez patentes, C05 (fertilizantes, fabricantes da mesma) – cinco patentes, C07 (química orgânica) – noventa e quatro patentes, C08 (compostos macromoleculares orgânicos) – sessenta e dois patentes,

C10 (indústria de petróleo, gás ou coque) – uma patente, C11 (óleos animais ou vegetais) – uma patente, C12 (bioquímica) – duzentos e quarenta e sete patentes, C13 (indústria de açúcar) – cinquenta e uma patentes e C23 (material de revestimento) – uma patente. No gráfico, em destaque apenas as áreas com maiores representatividades em número de patentes. **(Figura 5).**

Figura 5. Divisão de patentes sobre “carboidratos e hidrólise” da seção C em subseções pela classificação internacional de patentes (IPC), segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO).



Fonte: Autoria própria. C02 (tratamento de água, resíduo, esgoto ou lodo), C04 (cimento, concreto, pedra artificial, cerâmica, refratários), C05 (fertilizantes, fabricantes da mesma), C07 (química orgânica), C08 (compostos macromoleculares orgânicos), C12 (bioquímica) e C13 (indústria de açúcar).

Na área de química e metalurgia, o destaque de maior aplicação de hidrólise de carboidratos, foi a área de bioquímica e áreas correlatas. É sabido que todos esses processos de hidrólise de açúcares envolvem processos bioquímicos, química orgânica de macromoléculas com aplicação na indústria de açúcares, tais como utilização de enzimas que catalisam reações de invertases, a exemplo da hidrólise de sacarose em D-glicose e D-frutose (KARKAS; ONAL, 2012).

Um outro exemplo, são as etapas de hidrólise ácida da sacarose, que envolve etapas de protonação, ataque nucleofílico e desprotonação até a produção final de D-glicose (FERREIRA; ROCHA; SILVA, 2009). A D-glicose é um carboidrato muito abundante na natureza, com propriedades específicas, baixa massa molecular, facilidade de produção em larga escala e

modificação química, esses parâmetros justifica-se o interesse da indústria na produção de glicose e sua aplicação em diversas áreas (SILVA; FREITAS-FILHO; FREITAS, 2018).

4 Conclusão

O mapeamento de patentes para produtos gerados a partir da hidrólise de carboidratos nos bancos de dados EPO e INPI, geraram dados discrepantes em relação ao número de patentes mundiais e os depósitos no Brasil, esses dados enfatizam a necessidade de incentivo em investimentos e interação do mercado privado brasileiro com as universidades públicas, consideradas os principais centros de pesquisas brasileiras, no intuito de patentear e desenvolver novos produtos a partir de carboidratos hidrolisados, principalmente nas áreas de química e metalurgia, com ênfase para a área de bioquímica.

No intuito de acompanhar o mercado mundial, que tem crescido ao longo das décadas, no patenteamento de novos inventos, para a produção de açúcares simples com aplicações diversas. Fica notória a necessidade de um novo olhar dos centros de pesquisas brasileiros sobre a prospecção tecnológica e depósitos de patentes de produtos e processos, desde produtos simples como a hidrólise de carboidratos para fins alimentícios ou mesmo a aplicação desses hidrolisados na indústria farmacêutica.

Referências

- ÁVILA-FERNÁNDEZ, Á.; GALICIA-LAGUNAS, N.; RODRÍGUEZ-ALEGRÍA, M. E.; OLVERA, C.; LÓPEZ-MUNGUÍA, A. Production of functional oligosaccharides through limited acid hydrolysis of agave fructans. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p. 380-386, 2011.
- BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. 3. Ed. United Kingdom. Elsevier, 2018. 427p.
- COCKBURN, L.; LONG, G. The importance of patents to innovation: updated cross-industry comparisons with biopharmaceuticals. **Expert opinion on therapeutic patents**, v. 25, n. 7, p. 739-742, 2015.
- FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R.; SILVA, F.C. Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 623-638, 2009.
- HERRERA-RUALES, F. C.; ARIAS-ZABALA, M. Bioethanol production by fermentation of hemicellulosic hydrolysates of african palm residues using an adapted strain of *Scheffersomyces stipitis*. **Dyna**, v. 81, n. 185, p. 204-210, 2014.
- KARKAŞ, T.; ÖNAL, S. Characteristics of invertase partitioned in poly (ethylene glycol)/magnesium sulfate aqueous two-phase system. **Biochemical Engineering Journal**, v. 60, p. 142-150, 2012.

- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 7. ed. Porto Alegre. Artmed, 2019. 1272 p.
- PALME, A.; THELIANDER, H.; BRELID, H. Acid hydrolysis of cellulosic fibres: comparison of bleached kraft pulp, dissolving pulps and cotton textile cellulose. **Carbohydrate polymers**, v. 136, p. 1281-1287, 2016.
- QUINTELLA, V. M.; QUINTELLA, C. M.; JUNIOR, A. F. A. S.; FONTES, C. D. O. H. Estudo Prospectivo Exploratório das Patentes de Métodos de Aprendizagem de Máquina Aplicados ao Mercado Financeiro. **Cadernos de Prospecção**, v. 12, n. 1, p. 113, 2019.
- SANTOS, R. B.; HART, P; JAMEEL, H.; CHANG, H. M. Wood based lignin reactions important to the biorefinery and pulp and paper industries. **BioResources**, v. 8, n. 1, p. 1456-1477, 2013.
- SCARTASSINI, V. B.; DE MOURA, A. M. M. Relação entre produção de artigos e patentes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o financiamento de pesquisa, **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v.13, p. 915-935, 2020.
- SILVA, R. O.; FREITAS FILHO, J. R.; FREITAS, J. C. R. D-Glicose, uma Biomolécula Fascinante: História, Propriedades, Produção e Aplicação. **Rev Virt Quim**, v. 10, p. 875-91, 2018.
- TUNDE, A. A. Production of Glucose from Hydrolysis of Potato Starch. **World Scientific News**, v. 145, p. 128-143, 2020.
- UPTON, B. M.; KASKO, A. M. Strategies for the conversion of lignin to high-value polymeric materials: review and perspective. **Chemical reviews**, v. 116, n. 4, p. 2275-2306, 2016.