

Alexandra Martins dos Santos Soares  
Cecilia Caroline Santos Alves

# Patentes em **BIOENGENHARIA,** **BIOPROCESSOS** E REATORES NO BRASIL

Indicadores de Inovação  
Tecnológica



# **Patentes em Bioengenharia, Bioprocessos e Reatores no Brasil: Indicadores de Inovação Tecnológica**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Reitor Prof. Dr. Fernando Carvalho Silva  
Vice-Reitor Prof. Dr. Leonardo Silva Soares

SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

Diretor Prof. Dr. César Augusto Castro



EDUFMA EDITORA DA UFMA

Coordenadora Irenilma Cadête Lima

Conselho Editorial Profa. Dra. Andréa Katiane Ferreira Costa  
Profa. Dra. Débora Batista Pinheiro Sousa  
Prof. Dr. Edson Ferreira da Costa  
Prof. Dr. José Carlos Aragão Silva  
Profa. Dra. Jussara Danielle Martins Aires  
Profa. Dra. Karina Almeida de Sousa  
Prof. Dr. Luís Henrique Serra  
Prof. Dr. Luiz Eduardo Neves dos Santos  
Profa. Dra. Luma Castro de Souza  
Prof. Dr. Márcio José Celeri  
Profa. Dra. Maria Áurea Lira Feitosa  
Profa. Dra. Raimunda Ramos Marinho  
Profa. Dra. Rosângela Fernandes Lucena Batista  
Bibliotecária Márcia Cristina da Cruz Pereira



Associação Brasileira das Editoras Universitárias



Esta obra está licenciada sob uma Licença

Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha

Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Alexandra Martins dos Santos Soares

Cecilia Caroline Santos Alves

**Patentes em Bioengenharia, Bioprocessos e Reatores  
no Brasil: Indicadores de Inovação Tecnológica**

São Luís



EDUFMA

2026

© 2026 EDUFMA - Todos os direitos reservados

Projeto Gráfico, diagramação e capa. Alexandra M. S. Soares e Cecilia C. S. Alves

Revisão. Alexandra M. S. Soares e Cecilia C. S. Alves

Imagem. Alexandra M. S. Soares e Cecilia C. S. Alves

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Soares, Alexandra Martins dos Santos.

Patentes em bioengenharia, bioprocessos e reatores no Brasil: indicadores de inovação tecnológica / Alexandra Martins dos Santos Soares, Cecilia Caroline Santos Alves. — São Luís: EDUFMA, 2026.

57 p.: il.

ISBN 978-65-5363-586-9

1. Bioengenharia – Patentes - Brasil. 2. Bioprocessos - Brasil. 3. Reatores - Brasil. 4. Patentes. 5. Inovação tecnológica. I. Alves, Cecilia Caroline Santos. II. Título.

CDD 620.570 81

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Marcia Cristina da Cruz Pereira - CRB 13/418

CRIADO NO BRASIL [2026]

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação ou transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou outro, sem permissão do autor.

| EDUFMA | EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Av. dos Portugueses, 1966 | Vila Bacanga CEP: 65080-805

| São Luís | MA | Brasil Telefone: (98) 3272-8157

www.edufma.ufma.br | edufma@ufma.br

## **AUTORAS**

### **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alexandra Martins dos Santos Soares**

Natural de Campos dos Goytacazes – RJ, é Professora Associada da Coordenação do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), onde atua desde 2006. Doutora em Biotecnologia e desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão.

### **Cecilia Caroline Santos Alves**

Natural de São Luís – MA, é Engenheira Química pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), onde concluiu a graduação em Engenharia Química em 2025.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Fluxograma do processo de busca, triagem e seleção das patentes no INPI relacionadas à bioengenharia, bioprocessos e reatores.....	55
<b>Figura 2</b> - Classificação dos pedidos de patentes por status (laranja) e tipo de depositante/titular (magenta).....	19
<b>Figura 3</b> - Distribuição dos pedidos de patentes por continente em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores.....	20
<b>Figura 4</b> - Distribuição dos pedidos de patentes por região no Brasil em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores.....	20
<b>Figura 5</b> - Evolução anual dos pedidos de patentes no Brasil, por tipo de depositante/titular.....	24
<b>Figura 6</b> - Evolução anual dos pedidos de patentes para reatores. Os números representam o total de pedidos por ano.....	36
<b>Figura 7</b> - Distribuição anual dos pedidos de patentes em bioengenharia, bioprocessos e biorreatores.....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Empresas com maior número de pedidos de patentes relacionados à bioengenharia, bioprocessos e reatores .....	25
<b>Tabela 2</b> - Instituições acadêmicas (Universidades e Institutos) com maior número de pedidos de patentes relacionados à bioengenharia, bioprocessos e reatores .....	30
<b>Tabela 3</b> - Perfil das patentes relacionadas à bioengenharia, bioprocessos e reatores concedidas em 2022 .....	41

## LISTA DE SIGLAS

INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PAISS	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico
PDB	Política de Desenvolvimento da Biotecnologia
CENPES	Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello
CSTR	Continuous Stirred-Tank Reactor
PBR	Packed Bed Reactor
PFR	Plug-Flow Reactor
NITs	Núcleos de Inovação Tecnológica
IETs	Instituições de Ensino Superior
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1: CLASSIFICAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS PATENTES .....	15
1.1 IMPACTO DAS PATENTES NA PROMOÇÃO DO PROGRESSO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO .....	16
1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PEDIDOS DE PATENTES .....	17
1.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS PEDIDOS DE PATENTES.....	19
1.4 A INFLUÊNCIA DAS PATENTES NO SETOR EMPRESARIAL .....	21
1.5 PATENTES UNIVERSITÁRIAS: CONECTANDO PESQUISA, INDÚSTRIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA .....	24
PERSPECTIVAS .....	30
CAPÍTULO 2: PATENTES EM BIOENGENHARIA, BIOPROCESSOS E REATORES .....	32
2.1 IMPORTÂNCIA E AVANÇOS NA INDÚSTRIA QUÍMICA E BIOTECNOLÓGICA .....	33
2.2 ANÁLISE DOS PEDIDOS DE PATENTES EM BIOENGENHARIA, BIOPROCESSOS, BIORREATORES E REATORES.....	35
2.3 PATENTES CONCEDIDAS .....	37
PERSPECTIVAS .....	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	44
AGRADECIMENTOS .....	45
REFERÊNCIAS .....	46
APÊNDICE – METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA .....	54

## **PREFÁCIO**

Caro leitor,

Este livro tem como objetivo abordar o panorama das patentes em bioengenharia, bioprocessos e reatores. A obra apresenta uma análise detalhada das inovações tecnológicas e dos avanços na propriedade intelectual nessa área, proporcionando uma visão atualizada do cenário nacional. Destinado a estudantes, docentes, pesquisadores e profissionais do setor. Esperamos que a leitura inspire, amplie conhecimentos e motive contribuições para o avanço da engenharia química e áreas correlatas.

*Alexandra Martins dos Santos Soares*

*Cecilia Caroline Santos Alves*

## APRESENTAÇÃO

Este estudo baseou-se na extração e análise criteriosa dos dados do banco de patentes brasileiro, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), com o intuito de delinear a propriedade intelectual no que tange aos campos da bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores no Brasil.

A busca dos registros de patentes abrangeu o período de 1990 até março de 2023 e resultou na inclusão de 1.649 patentes, que foram analisadas e categorizadas para possibilitar uma compreensão mais precisa do cenário nacional e internacional. Esses números podem ser considerados como um reflexo da inovação e da criatividade em estudos sobre reatores e bioengenharia, essenciais para impulsionar o desenvolvimento tecnológico no setor.

Ao longo desta obra, cada patente representa um relato de pesquisa, desenvolvimento e aplicação prática, contribuindo para o avanço da engenharia química. Diversos avanços tecnológicos impulsionam inovações transformadoras nessas áreas e em campos correlatos, delineando o futuro.

## INTRODUÇÃO

A indústria química e biotecnológica é o alicerce sobre o qual se baseia grande parte da sociedade moderna, moldando e aprimorando o nosso cotidiano de maneiras muitas vezes invisíveis. Desde a saúde até a agricultura, passando por energia, meio ambiente e materiais, a diversidade de aplicações dessas indústrias é imensa, impulsionando o desenvolvimento tecnológico e econômico em todo o mundo (Ganchozo *et al*, 2023).

Os avanços nessas áreas são impressionantes, graças à habilidade de combinar processos químicos e biológicos para criar produtos essenciais de forma eficiente e sustentável. Essa combinação tem-se tornado cada vez mais vital para criar processos mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis, evidenciando a importância de alinhar objetivos ambientais e econômicos (Gani *et al*, 2020).

Os processos químicos envolvem reações controladas destinadas à obtenção de produtos específicos de forma economicamente viável e operacionalmente eficiente (Levenspiel, 1974). De modo semelhante, os processos biológicos também são estruturados para maximizar rendimento, controle e eficiência, diferenciando-se principalmente pela utilização de sistemas biocatalíticos e, frequentemente, por apresentarem vantagens adicionais, como o uso de matérias-primas renováveis, a possibilidade de rotas mais sustentáveis e, em determinados contextos, a redução do consumo energético (Woodley; Breuer; Mink, 2013).

Dentro desse universo de processos biológicos, destaca-se a bioengenharia, uma área interdisciplinar que busca melhorar a saúde humana combinando conceitos e técnicas de engenharia com os conhecimentos de biologia e medicina (Javaid *et al*, 2023). Nesse contexto, os bioprocessos e biorreatores emergem como ferramentas indispensáveis, proporcionando inovações que potencializam a aplicação prática dos avanços da bioengenharia.

Os reatores industriais desempenham um papel fundamental ao criar condições ideais para reações químicas e físicas de forma eficiente e controlada. A evolução contínua desses sistemas, impulsionada por pesquisas e inovações na indústria química, complementa e enriquece as estratégias desenvolvidas na bioengenharia, estabelecendo uma sinergia que impulsiona melhorias tanto em processos industriais quanto em soluções para a saúde (Shirzad *et al*, 2019).

O desenvolvimento contínuo nas áreas de bioengenharia, bioprocessos e reatores é crucial para identificar tendências, oportunidades e desafios relacionados às novas tecnologias. Essa exploração tecnológica é fundamental para o estabelecimento de diretrizes estratégicas no Brasil para o desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento e competitividade no mercado global (Buainain; Souza, 2018).

Neste cenário, pesquisas envolvendo tecnologias inovadoras têm um potencial comercial significativo e, por isso, são frequentemente patenteadas para garantir a proteção da inovação industrial. A obtenção de uma patente concede ao detentor o direito exclusivo de explorar a invenção no mercado, impedindo a utilização, fabricação, divulgação para venda ou importação de objetos baseados nessa patente sem autorização (INPI, 2020). Assim, as patentes desempenham papel fundamental na geração de lucros e na proteção de inovações, funcionando também como indicador do potencial tecnológico e da capacidade de inovação de um país (Kim; Bae, 2016).

A realização de pesquisas em bases de dados de patentes é uma abordagem eficaz para monitorar os avanços tecnológicos em nível global. Essa prática permite o desenvolvimento de estratégias de planejamento que podem ser aplicadas de várias formas, incluindo o monitoramento de concorrentes, avaliação de tecnologia, gestão de portfólio de pesquisa e desenvolvimento, e a identificação de potenciais parcerias de pesquisa (Rainey, 2014). Compreender as inovações em andamento é essencial para que a sociedade, o governo, a indústria e as universidades possam se preparar para o futuro (Mota, 2018).

No Brasil, é importante destacar que todas as patentes devem ser depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), responsável por implementar as normas reguladoras da propriedade industrial em âmbito nacional (INPI, 2021a). Diante disso, este trabalho analisou patentes sobre bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores depositadas no INPI, com o objetivo de identificar os principais depositantes, investigar a evolução temporal das publicações e examinar o conteúdo das patentes selecionadas. A metodologia completa pode ser consultada no Apêndice deste livro.

# **CAPÍTULO 1**

## **CLASSIFICAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS PATENTES**

## **1.1 Impacto das patentes na promoção do progresso científico e tecnológico**

O sistema de proteção intelectual traz benefícios para o progresso das inovações, garante a segurança dos investimentos realizados e estimula a busca por alternativas tecnológicas (Zin, 2022). A análise de patentes é uma ferramenta importante para avaliar as tendências em uma determinada área. Pode ser útil para a tomada de decisões estratégicas em pesquisa e desenvolvimento, bem como para a identificação de potenciais parceiros ou concorrentes (Baltazar *et al.*, 2017).

As patentes também estimulam a colaboração e a troca de conhecimento entre empresas e universidades (Chiarelli, 2023). Essa troca de conhecimento e a colaboração entre diferentes entidades impulsionam o progresso científico e tecnológico, incentivando investimentos adicionais do setor privado em pesquisa e desenvolvimento (P&D), além de ampliar a importância da pesquisa conduzida em instituições públicas, impulsionar a comercialização dos resultados públicos de P&D e facilitar a mobilidade da mão de obra entre os setores público e privado (Noveli; Segatto, 2012; Calderan, 2012).

No Brasil, a regulamentação das patentes passou por diversas reformulações ao longo do tempo. O primeiro marco regulatório relevante foi o Decreto-lei nº 7.903 de 1945, que estabeleceu os direitos e obrigações de propriedade industrial (Brasil, 1945). Posteriormente, esse código foi substituído pela Lei nº 5.772 de 1971, que introduziu o Código de Propriedade Industrial e buscou modernizar a regulamentação do setor. A legislação vigente, a Lei nº 9.279 de 1996, conhecida como Lei da Propriedade Industrial (LPI), revogou a legislação anterior e continua a reger os direitos e obrigações relacionados à proteção das invenções no Brasil (Brasil, 1996).

## 1.2 Classificação dos pedidos de patentes

Neste estudo foram incluídas 1.649 patentes de bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores (Figura 1). Dos pedidos avaliados, 1.581 eram patentes de invenção (PI), 63 patentes de modelos de utilidade (MU) e 5 certificados de adição de invenção. As informações consideradas refletem o cenário até 2022, de acordo com os dados disponíveis no período da pesquisa. Isso porque, após a apresentação de um pedido de patente, o INPI impõe um período de 18 meses de sigilo antes da publicação (Brasil, 1996).

Antes da submissão de um pedido de patente, deve ser realizada uma pesquisa sobre o grau de inovação do objeto a ser protegido. Esse procedimento é denominado busca de anterioridade. Esse passo é essencial para identificar possíveis invenções similares e avaliar se o objeto do pedido é passível de patenteamento. Com a documentação organizada, o processo de solicitação é formalizado por meio do depósito ao INPI. A partir desse depósito, o titular da invenção obtém o direito de explorar economicamente sua criação, mesmo antes da concessão oficial da patente (Pojo, 2014).

Uma vez depositado o pedido, passa por um exame detalhado, tanto formal quanto técnico, no INPI. Esse exame verifica a conformidade com os requisitos legais e técnicos para a concessão da patente. Após o atendimento das exigências, o pedido segue seu curso normal até a decisão final (Ghesti *et al.*, 2016).

A legislação brasileira estabelece que as patentes de invenção têm validade de 20 anos, enquanto as patentes de modelo de utilidade são válidas por 15 anos, contados a partir da data do depósito. Além disso, a lei assegura que a vigência mínima seja de 10 anos para patentes de invenção e de 7 anos para modelos de utilidade, a partir da data de concessão. Ao fim desses prazos, a patente expira e os direitos relacionados à invenção são extintos (Brasil, 1996).

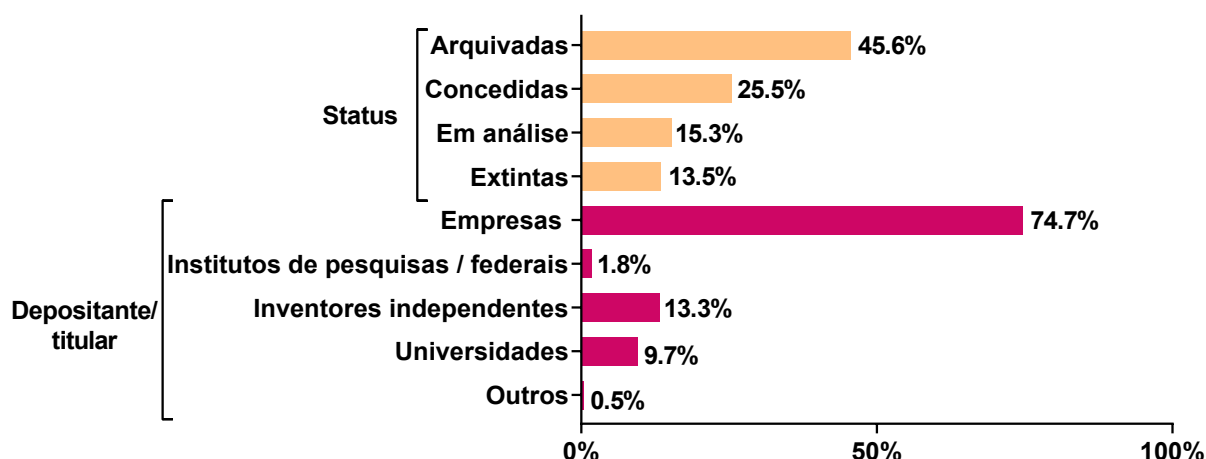
Os pedidos de patente podem se encontrar em diversos estágios: **arquivados**, quando o processo é temporariamente suspenso devido à necessidade de cumprir exigências; **arquivados definitivamente**: quando o pedido é encerrado de forma permanente por não atender às exigências dentro do prazo estabelecido; **em andamento**: quando o pedido está sendo avaliado até o exame técnico; **concedidos**: quando a patente foi aprovada e concedida; **indeferidos**: quando o pedido foi rejeitado após o exame técnico por não atender aos critérios de patenteabilidade; **extintos**: quando a patente já ultrapassou seu prazo de validade (Ghesti *et al.*, 2016). Analisando os pedidos de patentes

de 1990 a 2022 (Figura 2), 45,6% foram arquivados, 15,3% estavam em análise e 25,5% foram concedidos.

A complexidade dos processos de análise de patentes, a escassez de recursos e a natureza intrínseca de algumas inovações são fatores que contribuem para o elevado número de pedidos arquivados. As razões para o arquivamento de uma patente são variadas: ausência de solicitação de exame, não atendimento aos requisitos formais, falta de pagamento para emissão da carta patente ou certificado de adição, ou ainda a ausência de resposta a alguma exigência formal ou técnica (Oliveira, 2019). Este cenário aponta para oportunidades de melhoria no sistema de patentes, no qual medidas poderiam ser adotadas para acelerar a análise e fomentar a inovação.

Uma análise mais aprofundada revela que a maior parte dos pedidos de patentes (74,7%) é feita por empresas (Figura 2). Das 1.323 solicitações feitas por empresas, 337 patentes foram concedidas e 596 arquivadas. Petrobras e Shell Internationale Research Maatschappij lideram como as empresas com mais pedidos de patentes, com 14 e 32 solicitações, respectivamente. A Petrobras apresenta uma impressionante taxa de conversão de 92,8% de solicitações para concessões, enquanto a Shell Internationale Research Maatschappij possui uma taxa de 9,5%.

Dos pedidos analisados, 9,7% foram depositados por universidades. É interessante ressaltar que os inventores independentes possuem uma participação significativa, com 13,3% dos pedidos de patentes, totalizando 118 solicitações (Figura 2). Entre os depositantes residentes, 39,6% são inventores independentes, 31,5% são empresas, 26,4% são universidades, 1,7% são institutos de pesquisa federais e 0,8% pertencem a outras categorias. Em contrapartida, entre os candidatos não residentes, 90,8% são empresas, 4% inventores independentes, 3,1% universidades, 1,9% institutos de pesquisa federais e 0,3% outros depositantes.



**Figura 2** - Classificação dos pedidos de patentes por status (laranja) e tipo de depositante/titular (magenta)

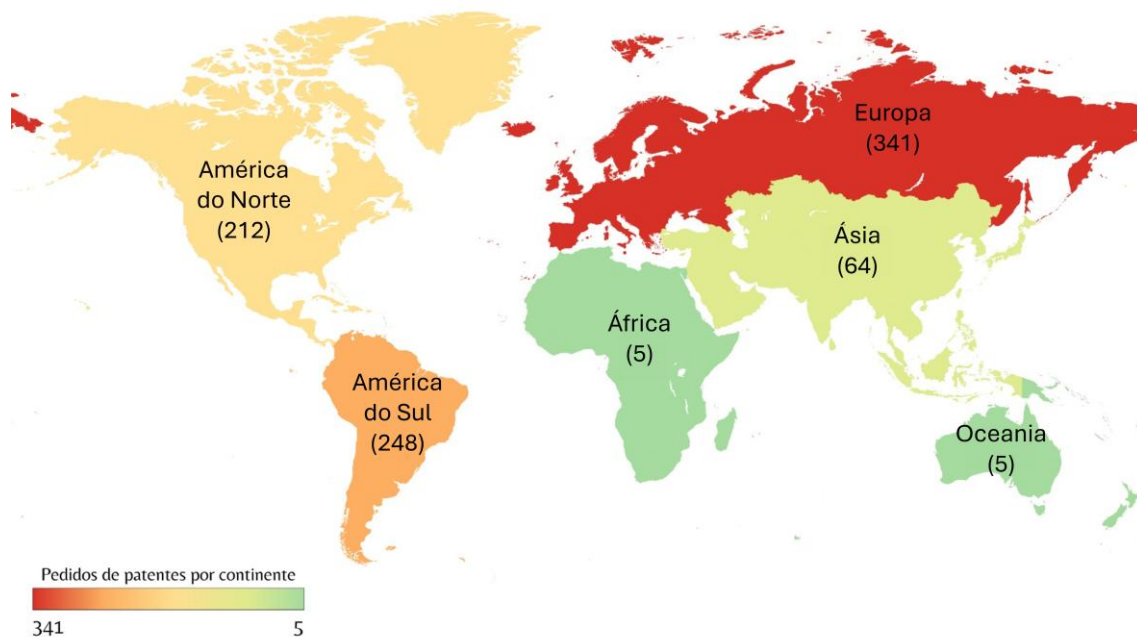
Fonte: autoras (2025).

### 1.3 Distribuição geográfica dos pedidos de patentes

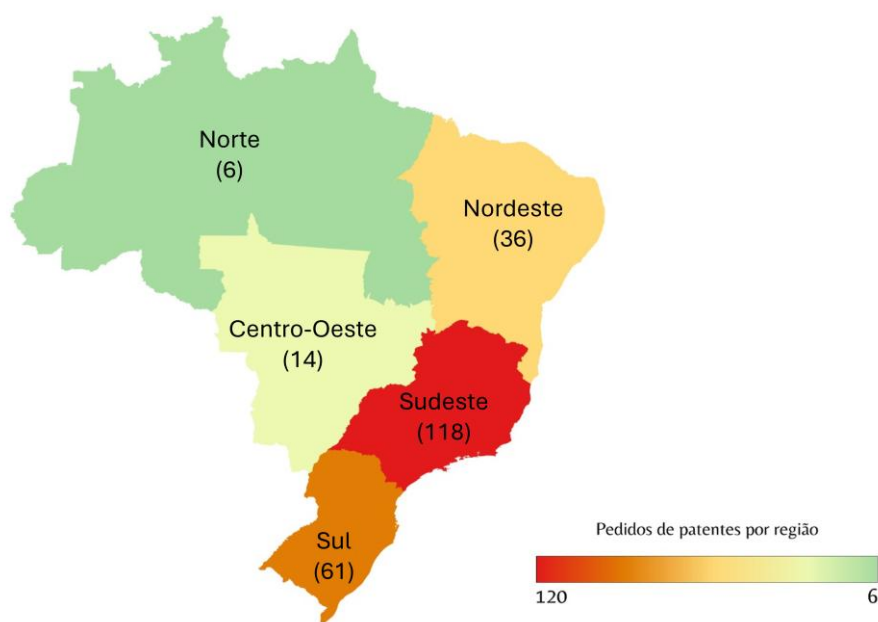
Com base nas informações coletadas da base do INPI, a distribuição geográfica das patentes mostra que a Europa, América do Sul e América do Norte lideram os depósitos, com 341, 248 e 212 pedidos, respectivamente (Figura 3). Destaca-se que 73,5% dos depósitos são de solicitantes não residentes, evidenciando a predominância de aplicações internacionais. Esses resultados corroboram os dados da World Intellectual Property Organization (WIPO), que em 2021 apontaram um aumento significativo nas patentes concedidas a requerentes estrangeiros no Brasil, com mais da metade dos pedidos originados no exterior.

No cenário global, os investimentos em inovação variam significativamente entre os países. De acordo com a WIPO (2021b), Estados Unidos e Reino Unido estão entre as nações que mais investem em pesquisa e desenvolvimento, figurando nas primeiras posições dos rankings globais de inovação. Já países como Alemanha, França e Japão ocupam posições de destaque, enquanto o Brasil aparece na sexagésima posição.

No contexto brasileiro, as regiões com o maior número de pedidos de patentes são Sudeste e Sul, com 118 e 61 patentes, respectivamente (Figura 4).



**Figura 3** - Distribuição dos pedidos de patentes por continente em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores  
**Fonte:** autoras (2025)



**Figura 4** - Distribuição dos pedidos de patentes por região no Brasil em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores  
**Fonte:** autoras (2025)

#### **1.4 A influência das patentes no setor empresarial**

As empresas têm à sua disposição uma variedade de formas para proteger suas inovações, entre as quais se destacam o segredo comercial, o registro de design, as marcas registradas e os direitos autorais (Manzini; Lazzarotti, 2016). A escolha do método mais adequado para a proteção da inovação depende de uma série de fatores, incluindo o setor de atuação da empresa e a natureza da própria inovação que se deseja proteger (Gallié; Legros, 2012). A proteção por meio de patentes se revela essencial para que muitas empresas possam garantir um retorno adequado sobre os investimentos realizados (Stal; Nohara; Chagas Jr, 2014a).

A importância da proteção por patentes é evidenciada na Figura 5, que ilustra a evolução anual dos pedidos de patentes. O número crescente de pedidos de patentes, pelo menos em parte do período, pode estar ligado às leis e programas institucionais implementados no Brasil ao longo dos anos, que reforçam a importância da propriedade intelectual como um instrumento estratégico de desenvolvimento. Por exemplo, em 2004, a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) pode ter incentivado significativamente o setor de biocombustíveis no Brasil. Mais tarde, em 2011, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS) direcionou um volume substancial de recursos públicos para o mesmo setor (Florêncio; Abud; Junior, 2019a). Neste período, houve um incremento de depósitos de patentes sobre a temática abordada neste livro (Figura 5), que pode estar relacionado com os referidos programas. Além disso, a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (PDB), estabelecida em 2007, elevou a biotecnologia industrial à condição de setor estratégico, reconhecendo sua importância para o avanço tecnológico do país (Florêncio; Abud; Junior, 2019).

As empresas despontam como protagonistas nesse cenário (Figura 5), demonstrando a confiança e a necessidade de proteger suas inovações. A distribuição das patentes entre as empresas, detalhada na Tabela 1, oferece uma visão clara de sua importância na promoção do avanço tecnológico no Brasil. Neste cenário, destacam-se líderes como a Petrobras, com um total de 13 patentes concedidas em relação a 14 pedidos submetidos. Empresas renomadas como Shell, Univation Technologies e Dow Global também se posicionam entre as líderes no número de patentes concedidas, reforçando seu compromisso com a inovação e o desenvolvimento tecnológico.

No contexto da indústria, a Petrobras surge como uma potência não apenas no setor de energia, mas também como um exemplo de inovação contínua. Mantendo um acervo de mais de 1.100 patentes e estabelecendo um recorde com 128 novos pedidos em 2022, a Petrobras reafirma sua posição como uma referência em inovação tecnológica (Petrobras, 2023). Esses números impressionantes não são apenas indicadores de sucesso; refletem o compromisso da empresa com pesquisa e desenvolvimento, materializado por meio de seu Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), localizado no Rio de Janeiro, que concentra investimentos significativos tanto em termos financeiros quanto de recursos humanos (Poletto; Araújo; Mata, 2011).

O Cenpes, reconhecido mundialmente como um centro de excelência entre as empresas petrolíferas, é o núcleo das iniciativas tecnológicas da Petrobras. Nesse ambiente fértil para a inovação, a Petrobras desenvolve e implementa suas estratégias tecnológicas de curto, médio e longo prazo (Poletto; Araújo; Mata, 2011). Com suas pesquisas direcionadas à solução de problemas e otimização de processos, o Cenpes opera por meio de comitês tecnológicos setoriais, que desempenham um papel crucial na priorização de propostas de pesquisa, sempre alinhadas à visão estratégica da empresa (Poletto; Araújo; Mata, 2011).

A expertise interna do Cenpes, combinada com análises de tendências setoriais realizadas por especialistas, fundamenta as decisões estratégicas da Petrobras e sustenta o cumprimento dos objetivos ambiciosos delineados em seu Plano Estratégico para 2023-2027 (Petrobras, 2024a; Petrobras, 2023). Este plano destaca uma visão de futuro que inclui investimentos robustos, de cerca de US\$ 2,1 bilhões, direcionados à transformação digital e inovação (Petrobras, 2023), conectando a presença expressiva em patentes e investimentos estratégicos em inovação (Poletto; Araújo; Mata, 2011).

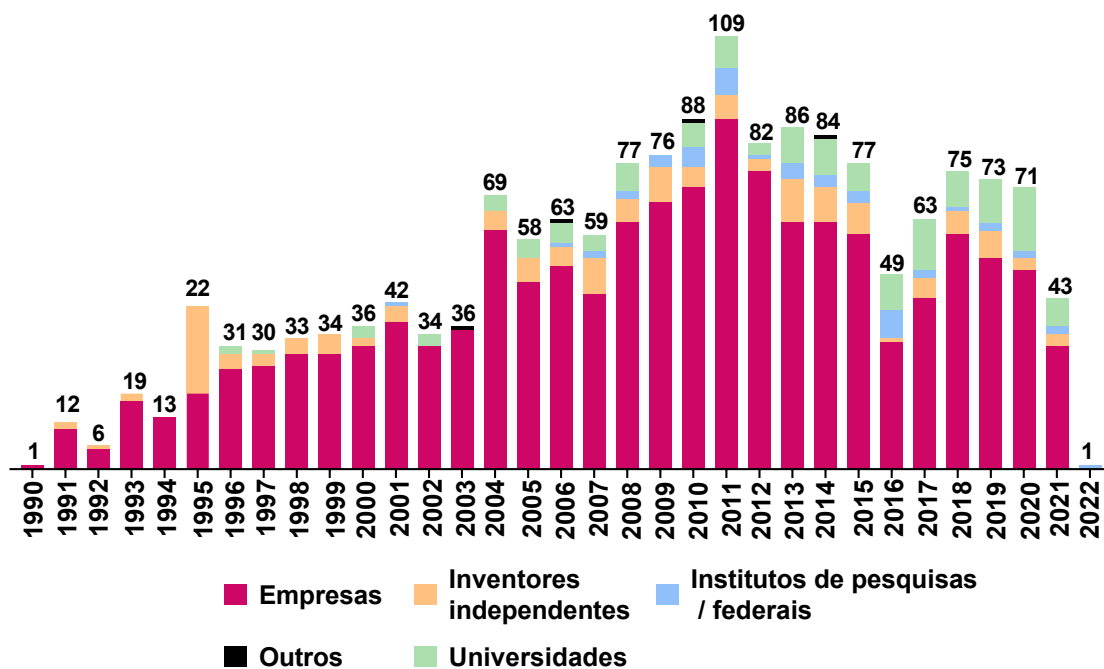
Reconhecendo a necessidade de diversificar suas operações e adotar práticas mais sustentáveis, a Petrobras tem investido em tecnologias inovadoras em áreas como reatores e biorreatores (Borschiver; Jesus; Moreira, 2014). A correlação entre a destacada presença da Petrobras em concessões de patentes e seus esforços inovadores em reatores e biorreatores ilustra a amplitude de sua visão estratégica e seu papel significativo na evolução do cenário energético global. Como uma das maiores empresas de refino de petróleo do mundo, a Petrobras continua envolvida em pesquisas para aprimorar processos de refino, incluindo inovações em reatores químicos utilizados em diferentes etapas do processo, com o objetivo de alcançar maior eficiência, menor impacto ambiental e otimização da produção de derivados do petróleo (Fortuny *et al.*, 2008;

Petrobras, 2024b). A busca por fontes de energia mais sustentáveis tem levado a empresa a explorar novas tecnologias, como as relacionadas às biorrefinarias, utilizando biorreatores para processar biomassa e produzir bioprodutos, incluindo biocombustíveis (Suarez *et al.*, 2009; Florêncio; Abud; Junior, 2019). Essa iniciativa sublinha o interesse da Petrobras em diversificar suas fontes de energia, adotando práticas mais sustentáveis e respeitosas ao meio ambiente.

Enquanto isso, empresas não residentes também têm se destacado no campo da concessão de patentes. Um exemplo notável é a Shell Internationale, cujas pesquisas se concentram principalmente em soluções de curto prazo, com o objetivo de reduzir os custos operacionais e de capital das operações existentes e melhorar os produtos e serviços oferecidos aos clientes. Adicionalmente, a Shell busca constantemente identificar maneiras eficazes de reduzir o consumo de energia. Com uma perspectiva de longo prazo, a empresa procura aprofundar o conhecimento sobre os fundamentos científicos e de engenharia das novas tecnologias energéticas, contribuindo para a construção de um futuro de baixo carbono (Shell, 2017).

De forma semelhante, a Univation Technologies possui um amplo portfólio que abrange tecnologias de produto, processo e catalisador voltadas para a produção de polietileno, além de serviços especializados e inovação tecnológica contínua. Com mais de 50 anos de experiência no setor de catalisadores para polietileno, a Univation se destaca como líder global na inovação, fabricação e fornecimento desses materiais. A empresa oferece uma ampla gama de catalisadores, incluindo os tipos Ziegler-Natta, de cromo, metallocenos, além de catalisadores avançados unimodais e bimodais multicomponentes (Univation Technologies, 2024).

Por outro lado, a Dow se destaca por oferecer um portfólio diversificado de tecnologias inovadoras e sustentáveis, desenvolvidas para atender às necessidades de desempenho e negócios dos mais variados setores. A empresa integra conhecimentos em química, biologia e física para criar soluções tecnológicas avançadas que promovem o progresso humano. Atuando em uma ampla gama de mercados globais, a Dow compromete-se a fornecer inovações essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Além disso, desempenha um papel central ao focar seus esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D), com o objetivo de fomentar a inovação em produtos químicos, plásticos e outras tecnologias de ponta (Dow Global, 2022).



**Figura 5** - Evolução anual dos pedidos de patentes no Brasil, por tipo de depositante/titular. Os números representam o total de pedidos: magenta – empresas; laranja – inventores independentes; azul – institutos de pesquisa/federais; verde – universidades; preto – outros

Fonte: autoras (2025)

### 1.5 Patentes universitárias: conectando pesquisa, indústria e inovação tecnológica

As Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham um papel fundamental na interface entre ciência e tecnologia, não só pela geração de novos conhecimentos, mas também pela formação de profissionais capacitados para impulsionar a inovação tecnológica e o desenvolvimento socioeconômico do país (Lima, 2023). A inovação tecnológica, apoiada no desenvolvimento acadêmico e sua aplicação na indústria, constitui um dos motores essenciais para o progresso econômico e industrial (Almeida; Bastos; Santos, 2018). Nesse sentido, é imperativo que as universidades fortaleçam suas conexões com a sociedade e as cadeias produtivas por meio da implementação de políticas e estratégias adequadas (Gimenez; Bonacelli; Bambini, 2018).

Entretanto, a conversão dos avanços em propriedade intelectual ainda apresenta desafios, sobretudo no que se refere à distribuição regional das patentes universitárias no Brasil. Neste estudo, identificou-se um maior número de pedidos de patentes realizados por universidades na Região Sudeste, com 56 pedidos (29,63%), seguida pelo Nordeste, com 35 (18,52%), e pelo Sul, com 26 (13,76%). As regiões Centro-Oeste e Norte apresentam números significativamente menores, com apenas 6 (3,17%) e 4 (2,12%) pedidos, respectivamente.

**Tabela 1** - Empresas com maior número de pedidos de patentes relacionados à bioengenharia, bioprocessos e reatores

<b>Origem</b>	<b>Empresa</b>	<b>Não concedidos</b>	<b>Concedidos</b>	<b>Total dos pedidos de patentes</b>
<b>Residentes</b>	Petróleo Brasileiro – PETROBRAS	1	13	14
	Braskem S.A.	3	2	5
	Comissão Nacional de Energia Nuclear	3	0	3
	Fundação Valeparaibana de Ensino - FVE	1	1	2
	Irs Participações Ltda	2	0	2
	Polisa Biopolímeros Para a Saúde LTDA - EPP	1	1	2
	Provecto Analítica	2	0	2
	Lagos Indústria Química	2	0	2
	Sabará Químicos e Ingredientes	2	0	2
	Protende Mhk Engenharia	2	0	2
	Vale Soluções em Energia – VSE	2	0	2
	Vallourec Tubos Do Brasil S.A.	0	2	2
	<b>Não Residentes</b>	Shell Internationale Research Maatschappij B.V.	21	11
Univation Technologies LLC		10	19	29
Dow Global Technologies LLC		15	13	28
Basf SE		15	8	23
Praxair Technology		14	9	23
Basell Polyolefine GmbH		6	16	22
Casale SA		12	7	19
Haldor Topsoe		8	11	19
Chevron Phillips Chemical Company LP		3	15	18
Methanol Casale S.A.		8	9	17

Fonte: autoras (2025)

A desigualdade na distribuição de patentes pode refletir a disparidade no investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas diferentes regiões do Brasil (Silva *et al.*, 2024). O Sudeste abriga instituições de ensino superior bem estruturadas, maior presença industrial e acesso a financiamentos (Rocha; Dufloth, 2009).

A Figura 5 ilustra o número de patentes depositadas anualmente, destacando a evolução desse processo ao longo dos anos. O aumento no número de depósitos em alguns anos também pode estar diretamente relacionado ao impacto de políticas públicas de incentivo à inovação, como a Lei nº 10.973/04 — conhecida como Lei da Inovação — que tem como objetivo principal promover parcerias estratégicas entre universidades, institutos tecnológicos e empresas, além de estimular a criação de Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) (Brasil, 2004).

Quando uma universidade desenvolve uma tecnologia com potencial para exploração comercial e industrial, torna-se essencial proteger esse conhecimento por meio do sistema de patentes (Nunes; Oliveira, 2007). As patentes resultantes de pesquisas realizadas em universidades, ou com a participação dessas instituições, são conhecidas como patentes universitárias (Morandin; Silva; Moura, 2023). A análise das informações apresentadas na Figura 5 sobre o número de patentes ao longo dos anos pode fornecer informações valiosas sobre a eficácia da Lei da Inovação e o impacto das iniciativas acadêmicas e políticas na promoção da inovação na área de estudo deste livro.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 2, que detalha a distribuição quantitativa dos pedidos de patentes por universidades e institutos que mais solicitaram pedidos de patentes, observa-se que a UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) se destaca com um número significativo de pedidos de patentes, totalizando 18, dos quais 13 foram concedidos. A capacidade da UNICAMP em traduzir pesquisas acadêmicas em propriedade intelectual demonstra sua liderança no cenário de inovação universitária.

A patente mais recente depositada à UNICAMP (BR 10 2013 032728 0) refere-se ao reator de deposição química, que descreve o processo de produção de um filme ultrapuro de carbono, concedida em 2021. A invenção trata de um reator que utiliza um processo de deposição química inovador, no qual o calor é gerado na fase vapor por meio de indução magnética. Essa técnica permite a criação de filmes de carbono com altíssima pureza, atendendo às exigências de diversos setores tecnológicos. Os filmes ultrapuros de carbono produzidos por esse método são especialmente importantes para áreas como a

fabricação de dispositivos eletrônicos e ópticos, onde a precisão e a qualidade dos materiais são essenciais (UNICAMP, 2015).

Por outro lado, a USP (Universidade de São Paulo), a maior e uma das mais prestigiadas universidades do Brasil, apresentou 6 pedidos de patentes, com 5 concessões, resultando em uma taxa de sucesso de 83%. Esse dado não apenas reflete a robustez das inovações propostas pela USP, mas também a eficiência de seus processos internos em garantir que seus pedidos sejam concedidos. Essa eficiência pode estar relacionada a uma cultura institucional que valoriza a inovação e a colaboração com a indústria e outros parceiros estratégicos.

A patente mais atual concedida a USP (BR 10 2016 014409 4) é um processo de pré-tratamento de efluentes, reator de catálise homogênea, e sistema compreendendo o reator de catálise homogênea, datada de 2022. Essa invenção refere-se a um método para o pré-processamento de efluentes, integrando dois tipos de reatores catalíticos – um para catálise homogênea e outro para catálise heterogênea – em um sistema único. Ambos os reatores operam com reações foto-Fenton, potencializadas pela irradiação UV e uma superfície refletora de aço, e empregam oxidantes como peróxido de hidrogênio e ozônio. O objetivo desta invenção reside em viabilizar o uso de processos unitários convencionais, como a osmose reversa, em efluentes que anteriormente não atendiam aos parâmetros mínimos para tais tratamentos, ao mesmo tempo em que gera como subprodutos água e oxigênio, tornando o processo mais sustentável e eficiente (USP, 2018).

A Universidade de Brasília (UnB), embora com um número menor de pedidos (5), também se mostra ativa no cenário de inovação tecnológica, com 2 concessões. A taxa de sucesso da UnB é de 40%, o que, apesar de ser inferior às outras duas instituições mencionadas, ainda reflete a relevância das suas contribuições no campo das patentes. A patente mais recente da UnB (PI 0401235-6), concedida em 2013, é o reator fotoquímico segmentado, voltado para o tratamento de efluentes orgânicos. O reator utiliza lâmpadas UV (luz ultravioleta) ou Vis (visível) organizadas em forma de colmeia, otimizando a exposição dos contaminantes à radiação. Essa estrutura modular permite realizar tanto reações em uma única etapa quanto em etapas sequenciais, adaptando-se a diferentes processos industriais (UNB, 2005).

Muitas universidades não possuíam patentes concedidas na área de estudo, apesar de possuírem patentes depositadas, como a Universidade Federal de Alagoas (Tabela 2). A patente mais recente da UFAL (BR 10 2020 019210 8) refere-se à produção de

biocombustível utilizando cascas de banana como substrato em um reator anaeróbio em batelada. A invenção visa a produção de hidrogênio por meio de fermentação anaeróbia, utilizando lodo de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) como inóculo (UFAL, 2022).

Além das universidades brasileiras, a tabela também apresenta dados sobre instituições não residentes que depositaram patentes. A IFP Energies Nouvelles, uma instituição de pesquisa francesa, lidera entre as não residentes, com um total de 21 pedidos de patentes, dos quais 15 foram concedidos, resultando em uma taxa de sucesso de aproximadamente 71%. A patente mais recente concedida ao IFP (BR 10 2018 071269) em 2022 refere-se a um cesto removível para reatores catalíticos. O cesto é composto por uma base horizontal e paredes laterais verticais ou elipsoidais, além de uma série de chaminés verticais, que são abertas nas extremidades inferior e superior. A invenção permite que a parte superior de uma chaminé se conecte à parte inferior de outra chaminé em cestos removíveis diferentes, proporcionando maior flexibilidade. Essa tecnologia também inclui um dispositivo de filtragem e distribuição que utiliza o referido cesto, além de ser aplicável em processos de hidrotreamento e hidrocrackeamento, contribuindo para a eficiência dos reatores catalíticos em refino de petróleo (IFP, 2019).

Outra instituição não residente listada é o Commissariat À L'énergie Atomique Et Aux Energies Alternatives (CEA), também da França, que apresentou 4 pedidos de patentes, dos quais 2 foram concedidos. A patente mais recente concedida ao Commissariat À L'énergie Atomique Et Aux Énergies Alternatives (BR 11 2012 014200) em 2021 trata de um reator eletroquímico que utiliza uma camada ativa integrada. A inovação se baseia em uma camada ativa composta por um condutor eletrônico de carbono como suporte, combinado com um sistema catalítico formado por um ou mais metais e um fulereno. Essa camada ativa é integrada ao reator eletroquímico, otimizando reações eletroquímicas para uma variedade de aplicações tecnológicas, proporcionando maior eficiência no uso de materiais catalíticos e eletrônicos (CEA, 2016).

Dentre as patentes avaliadas neste livro, 13,3% foram depositadas por inventores independentes, superando o número de registros realizados por universidades e institutos de pesquisa. Esse resultado pode ser explicado, por exemplo, pelo fato de proprietários de empresas optarem por registrar patentes em seus próprios nomes, em vez de fazê-lo em nome da empresa, ou ainda pela atuação de agentes externos responsáveis pelos depósitos. O conceito de inovação aberta envolve a colaboração com atores externos, como inventores independentes (Stal; Nohara; Chagas Jr., 2014). Essa abordagem sugere

que tais inventores podem estar mais propensos a compartilhar suas inovações e a buscar proteção por meio de patentes como parte de uma estratégia mais ampla de inserção no mercado (Bessen; Nuvolari, 2011). Também pode estar relacionada à agilidade dos inventores independentes em identificar oportunidades de mercado e à necessidade de proteger suas criações de forma mais rápida e eficiente. A inovação na indústria muitas vezes exige respostas ágeis às demandas do mercado (Vargas *et al.*, 2012). As universidades e institutos de pesquisa podem enfrentar desafios como processos burocráticos e estruturas acadêmicas que tornam o processo de patenteamento mais lento e complexo (Bercovitz *et al.*, 2001). Por outro lado, a flexibilidade dos inventores independentes lhes permite responder rapidamente às mudanças nas necessidades do mercado e às novas oportunidades tecnológicas.

Essa dinâmica entre inventores independentes, universidades e institutos de pesquisa pode ter implicações importantes para a inovação e o desenvolvimento tecnológico. Enquanto os inventores independentes podem contribuir com novas ideias e soluções inovadoras de forma mais ágil, as instituições acadêmicas têm o potencial de gerar inovações de alto impacto a longo prazo, mas podem enfrentar desafios na transição de pesquisa para aplicação comercial (Gomes; Pereira, 2015). Compreender essa diferença nas estratégias de patenteamento e como afeta a inovação é crucial para o avanço da tecnologia e o estímulo à colaboração entre esses diferentes atores no cenário de pesquisa e desenvolvimento (Roriz, 2023).

Para que as universidades possam aumentar sua contribuição para a inovação tecnológica, é necessário que continuem investindo em estruturas de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento, como os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), além de fortalecer parcerias com a indústria e outros setores estratégicos. A promoção de um ambiente de pesquisa que incentive a criatividade e a experimentação, aliado a processos eficientes de gestão de propriedade intelectual, será fundamental para que as universidades brasileiras se consolidem como centros de excelência em inovação. Além disso, a interação entre universidades, empresas e inventores independentes pode ser catalisada por meio de iniciativas que promovam a inovação aberta e a colaboração interdisciplinar, criando um ecossistema de inovação robusto e dinâmico que impulse o desenvolvimento tecnológico do país.

**Tabela 2** - Instituições acadêmicas (Universidades e Institutos) com maior número de pedidos de patentes relacionados à bioengenharia, bioprocessos e reatores

<b>Origem</b>	<b>Universidades</b>	<b>Não concedidos</b>	<b>Concedidos</b>	<b>Total dos pedidos de patentes</b>
<b>Residentes</b>	Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	5	13	18
	Universidade de São Paulo - USP	1	5	6
	Universidade de Brasília - UNB	3	2	5
	Universidade Federal de Alagoas - UFAL	5	0	5
<b>Não Residentes</b>	IFP Energies Nouvelles	6	15	21
	Commissariat À L'énergie Atomique Et Aux Énergies Alternatives	2	2	4

Fonte: autoras (2025)

## Perspectivas

O estudo da classificação e evolução de patentes pode auxiliar na compreensão de como as inovações em engenharia química podem impulsionar a competitividade industrial e a transição para processos mais sustentáveis, tornando-se peça-chave na modernização do setor produtivo e na geração de novas soluções para a sociedade.

Os dados apresentados neste capítulo revelam a predominância de pedidos de patentes arquivados, bem como o percentual relativamente baixo de concessões em relação ao número total de patentes depositadas, o que pode sugerir desafios significativos no sistema de patentes brasileiro, como a complexidade dos processos de análise e a falta de recursos suficientes. Esses fatores apontam para uma possível necessidade de reformulação do sistema de análise de patentes, incluindo a desburocratização e a aceleração do processo de concessão de patentes. Também é importante considerar que muitos depósitos podem ter sido feitos sem a devida adequação às normas vigentes ou sem o pagamento das taxas necessárias, o que pode resultar no arquivamento da patente.

As empresas, especialmente aquelas de grande porte como Petrobras e Shell, continuam a figurar no campo da inovação, utilizando patentes como uma ferramenta estratégica para proteger suas descobertas e garantir o retorno sobre seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento. No entanto, o envolvimento ainda limitado de universidades e inventores independentes aponta para uma oportunidade de aumentar a colaboração entre o setor privado e as instituições de ensino superior. Promover parcerias e facilitar a transferência de tecnologia são passos cruciais para fortalecer o papel das universidades como motores de inovação.

A predominância de patentes de depositantes não residentes sugere que o Brasil é um mercado atrativo para inovações estrangeiras, mas também destaca a necessidade de fortalecer a competitividade das inovações nacionais. Apesar de ser um mercado em potencial, o país ainda possui relativamente poucas patentes em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores. O fato de a maioria das patentes serem de depositantes não residentes pode refletir ainda, a existência de desafios na disponibilização de recursos ou incentivos adequados para estimular a inovação tecnológica local, com empresas e pesquisadores estrangeiros aproveitando as oportunidades no país.

As universidades mencionadas neste capítulo – UNICAMP, USP, UNB e UFAL – possuem cursos de Engenharia Química, o que reforça sua forte atuação em pesquisa e inovação na área. As patentes depositadas por essas instituições nas áreas de bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores demonstram o impacto da Engenharia Química no desenvolvimento de tecnologias estratégicas para setores como bioindústria, farmacêutica e de materiais renováveis.

Para sustentar o progresso científico e tecnológico no Brasil, será essencial continuar investindo em políticas públicas que incentivem a inovação, como a Lei da Inovação e programas de apoio ao desenvolvimento tecnológico. Além disso, a promoção de um ecossistema de inovação mais integrado, que facilite a colaboração entre empresas, universidades e inventores independentes, poderá gerar avanços significativos no número e na qualidade das patentes concedidas, contribuindo para o crescimento econômico e o desenvolvimento do país.

## **CAPÍTULO 2**

**PATENTES EM BIOENGENHARIA,  
BIOPROCESSOS E REATORES**

## 2.1 Importância e avanços na indústria química e biotecnológica

A indústria química exerce um alto impacto na economia global, contribuindo com aproximadamente US\$ 5,7 trilhões para o PIB mundial, o que representa cerca de 7,1% da produção global total. Além disso, o setor é responsável pela geração de cerca de 120 milhões de postos de trabalho em todo o mundo (Oxford Economics, 2019). Esse impacto econômico substancial reflete a relevância e a influência da indústria química em diversas áreas da economia.

No setor de substâncias químicas derivadas de fontes biológicas, o mercado foi avaliado em aproximadamente US\$ 13,28 bilhões em 2018 e está projetado para um crescimento robusto, com uma taxa composta anual de crescimento (CAGR) de 26,02%, alcançando cerca de US\$ 85,19 bilhões até 2026 (Verified Market Research, 2021). Esse crescimento é impulsionado pela crescente substituição de substâncias químicas convencionais por alternativas biológicas, abrangendo uma ampla gama de produtos de consumo e setores emergentes, como alimentos e biocombustíveis (Nielsen; Tillegreen; Petranovic, 2022).

As atividades industriais associadas aos setores de química e biotecnologia são essenciais no Complexo Produtivo da Saúde, destacando-se por sua relevância econômica e pelo desenvolvimento de tecnologias inovadoras em áreas estratégicas (Metten *et al.*, 2015). Observa-se que a integração de técnicas biotecnológicas com abordagens da química medicinal desempenha papel fundamental na geração de novas moléculas e no desenvolvimento de terapias para diversas doenças crônicas, infecciosas e genéticas (Plowright *et al.*, 2017). A biotecnologia médica possibilita, por exemplo, a produção de vacinas, células-tronco embrionárias, terapias gênicas e medicamentos biológicos, transformando a medicina e oferecendo avanços significativos na saúde humana (Gonçalves *et al.*, 2022).

Os processos químicos e biológicos desempenham um papel crucial na indústria química, contribuindo significativamente para o avanço tecnológico e possibilitando a produção de uma vasta gama de produtos essenciais para a sociedade. Os processos químicos são amplamente utilizados na indústria tradicional para obter produtos específicos de forma eficiente e econômica, envolvendo várias etapas de processamento projetadas para transformar materiais brutos em produtos (Levenspiel, 1974). Além disso, os processos biológicos têm ganhado destaque como uma alternativa econômica e sustentável na produção de combustíveis e produtos químicos, consolidando várias etapas

em uma única unidade e oferecendo soluções mais ecológicas (Kiss; Grievinkc; Rito-Palomares, 2015).

Estima-se que, nas próximas décadas, o investimento global anual necessário para energia renovável e produtos químicos e combustíveis de base biológica, assim como para serviços ecossistêmicos, alcance de US\$ 1 a 2 trilhões (Kircher, 2019). Os processos biológicos são particularmente importantes na transição para uma economia circular (Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016), utilizando uma variedade de organismos e componentes celulares, como enzimas, para produzir novos produtos e tratar resíduos de maneira mais sustentável (Doran, 2013). Além disso, esses processos têm mostrado potencial para criar produtos de alto valor agregado (Liguori; Amore; Faraco, 2013).

Na agricultura e na alimentação, a importância da indústria química e biotecnológica é igualmente significativa. A indústria química fornece fertilizantes e produtos agroquímicos essenciais para aumentar a oferta de alimentos e melhorar a qualidade da nutrição (Colberg; Hii; Koenig, 2022). A aplicação da biotecnologia na agricultura tem possibilitado o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas, que apresentam maior produtividade e qualidade, além de contribuir para a produção de biocombustíveis (Barcelos *et al.*, 2018). O crescente interesse na utilização de técnicas biotecnológicas na produção de alimentos está alinhado com tendências sociais que buscam reduzir ou eliminar a dependência de produtos de origem animal, como carnes, ovos e laticínios (Nielsen; Tillegreen; Petranovic, 2022).

O avanço tecnológico tem desempenhado um papel crucial, promovendo o desenvolvimento de processos que são tanto eficientes quanto ecologicamente corretos (Gomollón-Bel; García-Martínez, 2022). Dessa forma, os setores de manufatura química e biotecnologia têm se dedicado cada vez mais a descobrir e implementar soluções que minimizem o impacto ambiental. Estas indústrias estão adotando práticas sustentáveis, como o uso de tecnologias mais limpas, o desenvolvimento de processos mais eficientes e a conservação de recursos naturais (Burk; Dien, 2016). Em 2018, por exemplo, o INPI recebeu 1.358 pedidos de patente de invenção no setor de biotecnologia, representando 5,8% do total de solicitações. Este campo se destacou como um dos mais procurados por depositantes não residentes, refletindo o crescente interesse e a inovação contínua nesta área (INPI, 2021).

A integração de processos químicos e biológicos em biorrefinarias tem gerado avanços significativos em pesquisa e desenvolvimento, incluindo a criação de novos catalisadores biológicos que convertem produtos químicos de base biológica de forma

mais eficiente (Wheeldon; Christopher; Blanch, 2017; Schwartz; Shanks; Dumesic, 2016). Os investimentos em biorrefinarias também permitem a implementação de estratégias de descarte e recirculação de biorrecursos, promovendo a produção de materiais sustentáveis, como bioplásticos (Otoni *et al.*, 2021). Portanto, a combinação de processos químicos e biológicos não só impulsiona o avanço tecnológico e melhora a eficiência da produção, mas também pode reduzir o impacto ambiental e fomentar a inovação na criação de novos produtos.

## **2.2 Análise dos pedidos de patentes em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores**

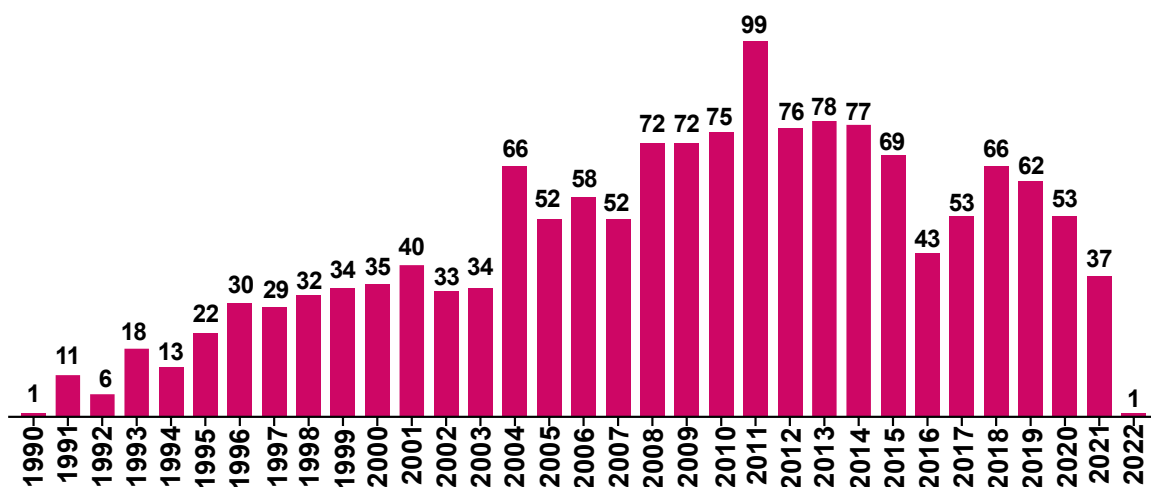
A análise dos pedidos de patente em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores, evidencia que o segmento de reatores representa 90,7% do total (Figura 6). Esse fato pode ser atribuído à ampla aplicabilidade e ao potencial disruptivo dessas tecnologias em diversos setores, incluindo petroquímica, farmacêutica, biotecnologia e energia. Por outro lado, os termos bioengenharia, bioprocessos e biorreatores representam uma parcela menor do total de pedidos de patentes, registrando, respectivamente, 0,42%, 0,85% e 8,0% (Figura 7).

No que diz respeito às patentes de bioengenharia, foram registrados apenas sete pedidos, distribuídos entre os anos de 2006, 2007, 2011, 2015 e 2017. Esse número baixo pode sugerir que, apesar do potencial inovador, a bioengenharia ainda é considerada um campo emergente em termos de propriedade intelectual no Brasil, ou que o termo "bioengenharia" começou a ser utilizado recentemente nos documentos depositados no INPI, apesar da existência de estudos na área há muito tempo. Em comparação, os bioprocessos tiveram 14 pedidos de patente, enquanto houve 132 pedidos de patentes com biorreatores. Cabe destacar que o número de patentes relacionadas a biorreatores pode ser ainda maior, caso tenham sido elaboradas com o termo "reatores" em vez de "biorreatores" no título e/ou no resumo.

É importante destacar que diversos estudos relacionados à bioengenharia, reatores e biorreatores podem constar no banco de dados do INPI e não terem sido incluídos neste livro, uma vez que a seleção das patentes analisadas foi realizada com base em palavras-chave presentes no título e no resumo.

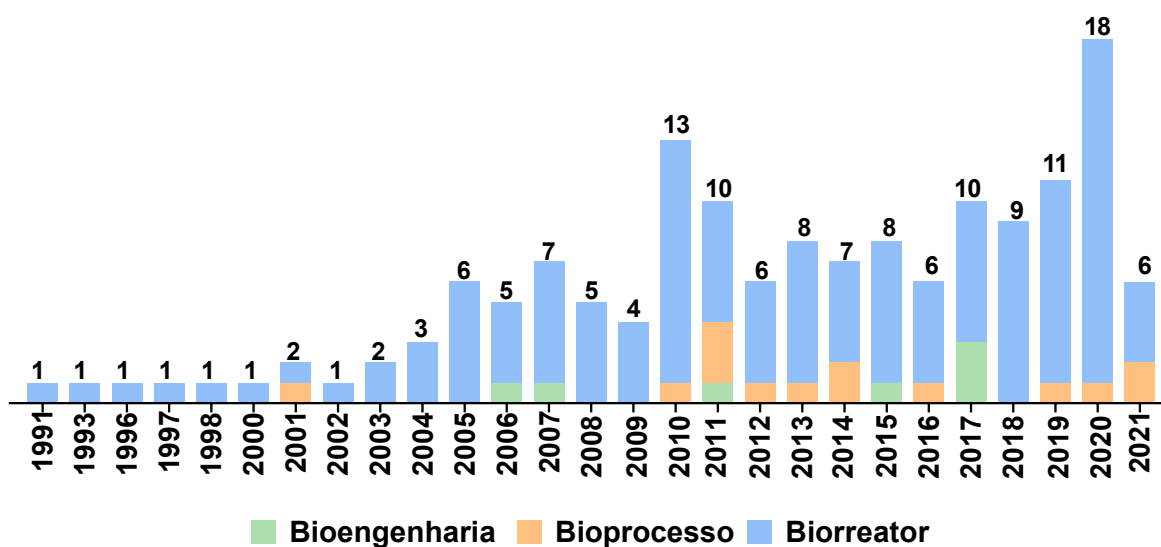
O primeiro pedido de patente relacionado a este estudo foi registrado em 1990 (Figura 7). Esse pedido inicial dizia respeito a um dispositivo e a um processo de

carregamento orientado de reatores com sólidos particulados, especialmente catalisadores. A patente foi depositada pela empresa Petrobras, sendo a primeira a ser concedida no escopo deste estudo e encontrando-se, atualmente, extinta.



**Figura 6** - Evolução anual dos pedidos de patentes para reatores. Os números representam o total de pedidos por ano

Fonte: autoras (2025)



**Figura 7** - Distribuição anual dos pedidos de patentes em bioengenharia, bioprocessos e biorreatores. Os números correspondem ao total de pedidos por ano, e as cores representam: verde – bioengenharia; azul – biorreator; laranja – bioprocessos

Fonte: autoras (2025)

### 2.3 Patentes concedidas

A concessão de uma patente assegura ao(s) inventor(es) o direito exclusivo de exploração comercial da invenção ou do modelo de utilidade. A discussão sobre patentes concedidas é importante para a compreensão sobre as inovações e tecnologias emergentes nos setores de biotecnologia e química (Linton; Stone; Wise, 2008). É notável que a maioria das patentes concedidas se concentre na área de reatores, refletindo a importância e a proeminência das inovações nesse campo específico. As patentes abrangem inovações em dispositivos e processos, além de avanços na fabricação. A predominância das patentes em reatores destaca não apenas a importância desses equipamentos em diversas aplicações, como engenharia de microrreatores e processos contínuos, mas também o papel dessas tecnologias na condução da inovação em diferentes setores industriais (Yang; Ang Yang; Zhang, 2024).

Os reatores são equipamentos essenciais na indústria, projetados para promover reações químicas que transformam reagentes em produtos finais e convertem matérias-primas em produtos de maior valor agregado (Luyben, 2007). O processo começa com a preparação das matérias-primas por meio de processos físicos que as tornam prontas para a reação química. Estas são então introduzidas no reator, onde ocorrem as reações desejadas. Após a reação, os produtos resultantes passam por etapas adicionais de separação e purificação para obter o produto final conforme planejado (Levenspiel, 1974). Os reatores são utilizados em diversos setores industriais, incluindo os segmentos petroquímico, farmacêutico, químico, alimentício e energético.

Existem diferentes tipos de reatores químicos, como os descontínuos (ou em batelada), os semicontínuos e os contínuos (tubulares ou de tanque) (Schamal, 2010). O projeto adequado desses equipamentos é fundamental e deve considerar fatores como o tipo de reação, as condições operacionais, a segurança do processo e a viabilidade econômica (Harriott, 2003).

Os três principais tipos de reatores ideais de escoamento contínuo são: o Reator Contínuo de Tanque Agitado (Continuous Stirred-Tank Reactor – CSTR), o Reator de Leito Fixo (Packed Bed Reactor – PBR) e o Reator de Escoamento em Pistão (Plug-Flow Reactor – PFR) (Fogler, 2002). Esses reatores são amplamente empregados na indústria para operações em fluxo contínuo, favorecendo a ampliação da escala de produção (Caminha, 2021).

Identificar as limitações dos processos em reatores é essencial, pois nenhum processo atinge 100% de eficiência. O objetivo atual é otimizar esses processos para produzir mais com menos recursos, aumentando a rentabilidade (Rosa, 2018). Os reatores permitem um controle preciso de variáveis como temperatura, vazão, concentração e regime de escoamento, contribuindo para a melhoria da eficiência e qualidade dos produtos e para a redução do consumo de matérias-primas e energia. Isso resulta em benefícios ambientais e econômicos significativos (Caminha, 2021). A evolução contínua dos reatores industriais é impulsionada por pesquisas avançadas e inovações na indústria química.

Projetos avançados de reatores, como os reatores de água pressurizada e os reatores modulares, estão sendo desenvolvidos para atender às demandas energéticas globais e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Hedayat, 2022). A pesquisa em materiais se estende a aplicações de reatores de fusão, onde cerâmicas à base de lítio e ligas de alta temperatura são essenciais (Marra, 2011). Simulações e estudos experimentais revelam que ligas à base de níquel oferecem resistência superior à corrosão em comparação com os aços (Mckinney, 2020). O desenvolvimento contínuo de materiais avançados é crucial para melhorar o desempenho, a segurança e a eficiência dos reatores em aplicações de fissão e fusão.

Além disso, os recentes avanços na tecnologia de reatores têm contribuído significativamente para a intensificação de processos, impulsionando o desenvolvimento industrial e reforçando os esforços em prol da proteção ambiental (Alique, 2022). Assim, os reatores emergem como elementos cruciais, promovendo inovação contínua e desempenhando um papel vital no equilíbrio entre progresso industrial e sustentabilidade ambiental.

Na engenharia de microrreatores, as patentes têm se concentrado em inovações na fabricação, dispositivos e processos, com uma ênfase crescente em patentes relacionadas a processos (Hessel; Knobloch; Lowe, 2008). De maneira semelhante, no cenário das patentes biotecnológicas, a exploração de fatores cruciais, como demanda de mercado, liberdade operacional e eficiência do processo, é de suma importância (García; López-Moya; Ramos, 2013).

A tendência de miniaturização de processos contínuos tem contribuído para um aumento significativo na atividade de patenteamento, especialmente em áreas como reações gás-líquido e oxidação de glicose (Dencic *et al.*, 2012). No campo da biorremediação, observa-se um crescimento na atividade patentária com foco em avanços

tecnológicos (Bordoloi; Boruah, 2018). Essas patentes não apenas protegem a propriedade intelectual, mas também incentivam o desenvolvimento e a comercialização de novas tecnologias.

Os biorreatores, por exemplo, são ferramentas essenciais na bioengenharia, criando condições ideais para a fisiologia celular e o metabolismo, regulando fatores químicos e físicos para otimizar a produção (Georgiev; Eibl; Zhong, 2013). Desempenham um papel crucial na melhoria da eficiência de produção e na obtenção de produtos confiáveis e de alta qualidade, atendendo às necessidades dos sistemas biológicos (Singh; Kaushik; Biswas, 2014; Priyadarshini; Dikshit; Zhang, 2020). A escolha adequada do projeto do biorreator e a otimização do seu ambiente interno são fundamentais para a produção em larga escala de moléculas desejadas (Georgiev; Weber, 2014).

Dessa forma, os biorreatores são amplamente utilizados em processos biotecnológicos para a produção de compostos em várias áreas, incluindo alimentícia, farmacêutica, química e ambiental (Schirmer *et al.*, 2021; Asif *et al.*, 2019; Ostermeyer *et al.*, 2022). São empregados na produção de proteínas unicelulares, células animais, microalgas e enzimas; na transformação de substratos como esteroides; e na formação de metabólitos, tais como ácidos orgânicos, etanol, antibióticos, compostos aromáticos e pigmentos (Spier, 2011).

Na bioengenharia, os biorreatores têm aplicações significativas, permitindo a simulação de ambientes celulares e moleculares tanto *in vitro* quanto *in vivo*, e facilitando o desenvolvimento de terapias médicas e genéticas, além da simulação de condições patológicas para estudos de doenças e avaliação de parâmetros de progresso (Castro *et al.*, 2020).

No entanto, apesar da relevância desses dispositivos no avanço das tecnologias biotecnológicas, a análise das patentes concedidas revela que das 1.649 patentes solicitadas, apenas 420 foram concedidas. Dentre essas, a maior parte, totalizando 335, foi concedida a não residentes, enquanto apenas 85 patentes foram concedidas a residentes. Esta discrepância destaca um possível desafio na proteção e no incentivo à inovação local na área de reatores e biorreatores, sugerindo uma necessidade de fortalecer a capacidade de patenteamento e proteção da propriedade intelectual no país.

A Tabela 3 apresentada fornece uma visão detalhada das patentes concedidas em 2022, considerando aspectos essenciais como origem, número de pedido, título, ano de

depósito/concessão e tempo de concessão. O tempo médio geral de concessão foi de aproximadamente 8 anos, embora em 2022 tenha variado entre 9 e 14 anos.

O número de pedidos e os títulos das patentes podem indicar as áreas de inovação mais ativas e destacar os desenvolvimentos tecnológicos mais relevantes de 2022. A análise do ano de depósito e concessão permite observar a eficiência dos processos de concessão de patentes e o tempo médio necessário para que uma patente seja concedida. A variação no tempo de concessão pode refletir a complexidade dos processos envolvidos e as demandas específicas do campo tecnológico em questão.

Para analisar as patentes da Tabela 3, é essencial destacar a inovação e o impacto de cada uma em suas respectivas áreas. Essas patentes abrangem uma gama de avanços tecnológicos, incluindo processos contínuos de esterificação, novas abordagens na produção de nanotubos de carbono, sistemas avançados para controle de biorreatores, aprimoramentos na produção de metanol, e inovações em hidroprocessamento e controle de vapor. Cada patente reflete as tendências atuais em tecnologias industriais e científicas, evidenciando melhorias significativas em eficiência, economia e eficácia nos processos e equipamentos.

Como exemplo de uma patente da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, tem-se a PI 0804276-4 B1 relacionada com processos químicos de esterificação contínuo compreendendo a reação de um ácido acrílico com um álcool, catalisada por ácido sulfúrico em reatores tubulares do tipo PFR (Plug Flow Reactor). A etapa de separação do produto proposta, utiliza um processo simples, estável, contínuo, eficiente e econômico, adequado para a produção do acrilato de etila (UNICAMP, 2010).

Avançando para a produção de materiais, os nanotubos de carbono se destacam por possuírem propriedades valiosas, podendo ser aplicados como aditivos em vários materiais estruturais. A patente BR 102012022053-9 B1, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, descreve tanto um dispositivo reator para a produção de nanotubos de carbono, quanto um processo de produção de nanotubos e nanofibras de carbono. A produção é realizada principalmente a partir da queima controlada de resíduos da indústria madeireira na presença de substâncias fixadoras. O diferencial desta patente em relação aos processos até então existentes no mercado, segundo os inventores, é a matéria-prima para a síntese dos nanotubos, que em geral utiliza produtos orgânicos industrializados e gás hidrogênio, além de gases carreadores dos vapores orgânicos do processo (UFRS, 2014).

**Tabela 3** - Perfil das patentes relacionadas à bioengenharia, bioprocessos e reatores concedidas em 2022

Origem	Palavra-chave	Nº Pedido	Título	Ano Depósito/ Concessão	Tempo de Concessão
<b>Residentes</b>	REATOR	PI 0804276-4	Processo contínuo de esterificação em reator de fluxo pistonado e produto obtido do mesmo	2008 / 2022	14
	REATOR	BR 10 2012 022053 9	Processo de produção de nanotubos e/ou nanofibras de carbono a partir de matéria orgânica, dispositivo reator para a produção de nanotubos e/ou nanofibras de carbono, e, nanotubos e/ou nanofibras de carbono obtidos	2012 / 2022	10
	BIORREATOR	BR 11 2015 005462 5	Aparelho e método para controlar a execução de uma tarefa de processo dentro de uma configuração de um sistema de controle de biorreator, e, meio de armazenamento acessível por máquina tangível	2013 / 2022	9
<b>Não Residentes</b>	REATOR	PI 0906447-8	Método de preparar metanol, e, reator de metanol para uso no mesmo	2009 / 2022	13
	REATOR	PI 0814612-8	Processo, e, sistema de reator	2008 / 2022	14
	REATOR	BR 11 2013 001029 0	Bocal para a distribuição uniforme de uma mistura de fluido de múltiplas fases e equipamento de distribuição de fluido para um reator	2011 / 2022	11
	REATOR	BR 11 2014 021678 9	Sistema de reator pressurizado	2013 / 2022	9

Fonte: autoras (2025)

No campo do controle de biorreatores, a Global Life Sciences Solutions possui uma patente sobre sistemas de controle de processo (BR 11 2015 005462 5). O documento apresenta, mais particularmente, métodos e aparelhos para implementar sistemas de controle de biorreator. Sistemas anteriores possuíam configurações do dispositivo limitadas (Global Life Sciences Solutions, 2017).

Em termos de produção de metanol, a patente PI 0906447-8 B1, detida pela HALDOR TOPSØE A/S, apresenta um aprimoramento no processo de produção de metanol. O método descrito envolve um reator projetado para operar de forma a separar o metanol da fase gasosa e condensá-lo na fase líquida sem comprometer a atividade do catalisador. Essa inovação é alcançada através do ajuste preciso do ponto de ebulição de um agente de resfriamento líquido, que está em contato indireto com as partículas do catalisador, promovendo uma relação específica entre o volume do leito de catalisador e a área de superfície de resfriamento. Como resultado, o metanol é condensado predominantemente na superfície de resfriamento, que está uniformemente distribuída dentro do reator. Segundo o inventor, essa abordagem resolve problemas comuns em métodos anteriores, como a complexidade operacional e o custo elevado. Assim, a patente apresenta uma solução eficiente e econômica para a produção de metanol, melhorando a viabilidade econômica do processo industrial (Haldor Topsøe, 2021).

Complementando as inovações em reatores, a patente PI 0814612-8, titulada Processo e Sistema de Reator, desenvolvida pelo Grupo Petrotemex, S.A. DE C.V., introduz um sistema de reator que combina um trocador de calor e um vaso de liberação. Este design inovador controla o aquecimento e a liberação de vapor, melhorando a eficiência e segurança do processo, além de minimizar a geração de vapor. Essa configuração garante uma produção predominantemente na fase líquida, minimizando a geração de vapor como subproduto. A inovação apresentada resolve problemas comuns enfrentados em sistemas anteriores, como o controle inadequado da temperatura e a gestão ineficiente da liberação de vapor (Grupo Petrotemex, 2015).

Além disso, a patente BR 112013001029-0, detida pela Chevron U.S.A. Inc, apresenta um equipamento avançado para otimizar a mistura e distribuição de fluidos multifásicos em hidrocessamento. A inovação do design dos bocais e a redução da altura da bandeja de mistura tornam o processo mais compacto, eficiente e econômico. Essas inovações oferecem um processo de hidrocessamento mais eficiente e econômico, melhorando tanto a operação quanto a viabilidade financeira do equipamento (Chevron USA, 2021).

Finalmente, a patente BR 112014021678-9, desenvolvida por Global Life Sciences Solutions, descreve um sistema de reator pressurizado inovador com uma válvula sem perna morta. Esta tecnologia elimina espaços mortos em recipientes e tubulações, melhorando a eficiência e reduzindo a contaminação em biorreatores de alta pressão, oferecendo um avanço significativo na otimização do bioprocessamento (Global Life Sciences Solutions, 2017).

## **Perspectivas**

Os dados apresentados neste capítulo destacam a importância crescente dos reatores e biorreatores no campo da bioengenharia e bioprocessos, refletida pela concentração significativa de pedidos de patentes nessas áreas.

As inovações contínuas em reatores e biorreatores, como demonstrado pelas patentes concedidas, têm potencial para transformar a eficiência dos processos industriais, aumentando a produção com menos recursos e reduzindo o impacto ambiental. Por outro lado, o número relativamente baixo de patentes que continham o termo “bioengenharia” no título e/ou no resumo indica que esse campo ainda pode estar em consolidação no contexto da propriedade intelectual. Esse cenário pode representar uma oportunidade para a ampliação de pesquisas e inovações futuras, especialmente em áreas que demandam soluções biotecnológicas.

À medida que novas tecnologias emergem e evoluem, há uma necessidade contínua de adaptação e melhoria nos processos produtivos. Reatores e biorreatores, em particular, continuarão a desempenhar um papel crucial na transformação de matérias-primas em produtos de alto valor agregado, impulsionando a competitividade industrial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre patentes em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores no Brasil apresenta um panorama dos depósitos de patentes realizados, contribuindo para a compreensão do cenário atual de proteção intelectual no país.

Em 1990, vinte anos após a criação do INPI, a primeira patente no escopo desta área, seguindo os critérios de busca estabelecidos, foi depositada. Até 2022, foram identificadas 1.649 patentes, o que indica a relevância da inovação tecnológica no Brasil em bioengenharia, bioprocessos, biorreatores e reatores. É importante destacar, entretanto, que os resultados aqui apresentados refletem os limites metodológicos estabelecidos, baseados na ocorrência de palavras-chave específicas no título e/ou no resumo. Assim, é possível que o número real de patentes relacionadas aos temas abordados seja superior ao identificado, considerando que diversas invenções podem se enquadrar conceitualmente no campo da bioengenharia, dos bioprocessos e dos reatores sem utilizar explicitamente esses termos em sua descrição formal.

As patentes não apenas protegem invenções, mas também estimulam a pesquisa e o desenvolvimento, promovendo a colaboração entre diferentes setores e ampliando a competitividade no mercado global. Na análise das patentes abordadas neste livro observa-se a predominância de patentes de invenção, com as empresas figurando como principais depositantes. Ademais, a diferença entre as patentes concedidas a residentes e a não residentes evidencia a necessidade de fortalecer a capacidade nacional de inovação.

Por fim, esperamos que este livro tenha cumprido seu objetivo de não apenas fornecer informações, mas também inspirar graduandos, graduados, pesquisadores e profissionais da área a continuar explorando e contribuindo para o progresso tecnológico. A inovação é um processo contínuo, e as patentes desempenham um papel importante nesse ciclo, garantindo que novas ideias possam se transformar em avanços concretos para a sociedade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

À Professora Dra. Maria da Glória Almeida Bandeira, pelas contribuições, orientações e diálogos acadêmicos que auxiliaram no aprimoramento desta obra.

## REFERÊNCIAS

- ALIQUE, D. **Valuable energy resources and food-grade CO<sub>2</sub> from biogas via membrane separation**. In: Membrane Engineering in the Circular Economy. Elsevier, 2022. 437-493.
- ALMEIDA, L. M. D; BASTOS, A. P. V.; SANTOS, R. B. N. D. **Desempenho inovativo na dinâmica da interação universidade e empresa: análise comparativa entre Amazônia Legal e demais regiões do Brasil**. In: GARCIA, R.; RAPINI, M.; CÁRIO, S. (org.). Estudos de caso da interação universidade empresa no Brasil. Belo Horizonte: FACE / UFMG, 2018.
- ASIF, M. B. et al. **Applications of Membrane Bioreactors in Biotechnology Processes**. In: Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes. Elsevier, 2019. 223-257.
- BALTAZAR, L. F. et al. **Patentes como fonte de informação tecnológica para subsídio à pesquisa: uma análise amostral da Universidade Federal do ABC**. Cadernos de Prospecção, v. 10, n. 4, p. 681-695, out./dez. 2017.
- BARCELOS, M.C.S.; LUPKI, F.B.; CAMPOLINA, G.A.; NELSON, D.L.; MOLINA, G. **The colors of biotechnology: general overview and developments of white, green and blue areas**. FEMS Microbiol Lett., v. 365, n. 21, nov. 2018.
- BERCOVITZ, J. et al. **Organizational structure as a determinant of academic patent and licensing behavior: An exploratory study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania State Universities**. The Journal of Technology Transfer, v. 26, p. 21-35, 2001.
- BERTHÉLEMY, M. **What drives innovation in nuclear reactors technologies? An empirical study based on patent counts**. Cerna, Centre d'économie industrielle MINES ParisTech 2012.
- BESSEN, J.E.; NUVOLARI, A. **Knowledge Sharing Among Inventors: Some Historical Perspectives**. Boston University. School of Law, Law and Economics Research Paper n.11-51. LEM Working Paper 2011/21. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1944201](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1944201)
- BIGNAN, G. et al. **The key-role of instrumentation for the new generation of research reactors**. In: 2011 2nd International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation, Measurement Methods and their Applications. IEEE, 2011. p. 1-8.
- BORDOLOI, J.; BORUAH, HP.D. **Analysis of recent patenting activities in the field of bioremediation of petroleum hydrocarbon pollutants present in the environment**. Recent Patents on Biotechnology, v. 12, n. 1, p. 3-20, 2018.
- BORSCHIVER, S.; JESUS, A.O.C; MOREIRA, V.A. **Reuso de água na indústria de petróleo e gás**. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2, p. 9401-9408, 2014.
- BRASIL. Presidência da república. Decreto-lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Código da Propriedade Industrial. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, dez. 2004. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm)
- BRASIL. 1945. Presidência da república. **Decreto-lei nº 7.903, de 27 de agosto de 1945**. Código da Propriedade Industrial. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, ago. 1945. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/del7903.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del7903.htm)

BRASIL. Presidência da república. **Decreto-lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996**. Regula Direitos e Obrigações Relativos à Propriedade Industrial. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, mai. 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm)

BUAINAIN A.M.; SOUZA R.F. **Propriedade intelectual, inovação e desenvolvimento: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: ABPI; 2018.

BURK, M.J.; DIEN, S. V. **Biotechnology for Chemical Production: Challenges and Opportunities**. Trends Biotechnol., v. 34, n. 3, p. 187-190, mar. 2016.

CALDERAN, L. L. **Análise da interação UnB-Petrobras: o caso do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, 2012.

CAMINHA, L. R. F. **Desenvolvimento de um reator automatizado em escala de laboratório de baixo custo microcontrolado por ESP32**. 2021. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa, 2021.

CASTRO, N. et al. **Physically Active Bioreactors for Tissue Engineering Applications**. Advanced Biosystems, v. 4, n. 10, p. 1-29, out. 2020.

CHEVRON U.S.A. INC. **Bocal para a distribuição uniforme de uma mistura de fluido de múltiplas fases e equipamento de distribuição de fluido para um reator**. Inventores: CRAIG BOYAK; STEVEN X. SONG; ABDENOUR KEMOUN; STEVE SOUERS; KRISHNIAH PARIMI; ZACKORY AKIN; RALPH E. KILLEN. BR 11 2013 001029 0 B1, 23 mar. 2021.

CHIARELLI, G. **Análise de patentes depositadas pela Universidade Federal de Santa Catarina**. 2023. 64 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2023.

COLBERG, J.; HII, K. K. M.; KOENIG, S. G. **Importance of Green and Sustainable Chemistry in the Chemical Industry**. Org. Process Res. Dev., v. 26, n. 8, p. 2176-2178, 2022.

COMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES. **Reator eletroquímico**. Inventores: NICOLAS GUILLET; ALEJANDRO FRANCO; GUILLAUME KROSNICKI; OLIVIER LEMAIRE. BR 11 2012 014200 3 B1, 31 maio 2016.

DENCIC, I. et al. **Recent changes in patenting behavior in microprocess technology and its possible use for gas-liquid reactions and the oxidation of glucose**. ChemSusChem, v. 5, n. 2, p. 232-245, 2012.

DORAN, P. M. **Bioprocess Development: An Interdisciplinary Challenge**. In: Bioprocess engineering principles. 2. Ed. Waltham, MA: Academic Press, 2013.

DOW GLOBAL. **Dow Corporate**. 2022. Disponível em: <<https://br.dow.com/pt-br.html#tabs-948486002e-item-9e0bc82d89-tab>>

FLORÊNCIO, M.N.D.S.; ABUD, A.K.D.S; JUNIOR, A.M.D.O. **Análise da produção tecnológica em biotecnologia industrial no Brasil**. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 15, n. 37, 2019.

FOGLER, H.S. **Elements of Chemical Reaction Engineering**. New Jersey: Pearson Education Inc, 2002.

FORTUNY, M. et al. **Principais aplicações das microondas na produção e refino de petróleo.** Química Nova, v. 31, p. 1553-1561, 2008.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB. **Reator fotoquímico segmentado com lâmpadas distribuídas em colmeia para reações sequenciais ou em única etapa.** Inventores: CLÓVIS EDUARDO GODOY ILHA; JURANDIR RODRIGUES DE SOUZA; ANTÔNIO JOSÉ MORAES GUARITÁ DOS SANTOS. PI 0401235-6, 20 dez. 2005.

GALLIÉ, E.P.; LEGROS, D. **French firms' strategies for protecting their intellectual property.** Research Policy, v. 41, n. 4, p. 780-794, 2012.

GANCHOSO, B.S.I. et al. **Promising Applications of Biotechnology: Boosting Health, Agriculture and Environmental Sustainability.** Migration Letters, v.21, p. 794 - 800, 2023.

GANI, R. et al. **A multi-layered view of chemical and biochemical engineering.** Chemical Engineering Research and Design, v. 155, p. A133-A145, 2020.

GARCÍA, A.M.; LOPEZ-MOYA, J.R.; RAMOS, P. **Key points in biotechnological patents to be exploited.** Recent Patents on Biotechnology, v. 7, n. 2, p. 84-97, 2013.

GEORGIEV, M.I.; EIBL, R.; ZHONG, J.J. **Hosting the plant cells in vitro: recent trends in bioreactors.** Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, n. 9, p. 3787-3800, mai. 2013.

GEORGIEV, M.I.; WEBER, J. **Bioreactors for plant cells: hardware configuration and internal environment optimization as tools for wider commercialization.** Biotechnol. Lett., v. 36, n. 7, p. 1359-1367, jul. 2014.

GHESTI, Grace Ferreira et al. (org). **Conhecimentos Básicos sobre Propriedade Intelectual.** Brasília, UnB, 2015 153 p. Disponível em: <http://profnit.unb.br/images/PDF/PUBLICACOES/Conhecimentos-Bsicos-sobre-PI.pdf>

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. **A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems.** Journal of Cleaner Production, v. 114, p. 11-32, 2016.

GIMENEZ, A.M.N; BONACELLI, M. B. M.; BAMBINI, M. D. **O novo marco legal de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: desafios para a universidade.** Desenvolvimento em Debate, v. 6, n. 2, p. 99-119, 2018.

GLOBAL LIFE SCIENCES SOLUTIONS USA LLC. **Aparelho e método para controlar a execução de uma tarefa de processo dentro de uma configuração de um sistema de controle de biorreator, e, meio de armazenamento acessível por máquina tangível.** Inventor: SCOTT A. MANGIACOTTI. BR 11 2015 005462 5 B1, 04 jul. 2017.

GLOBAL LIFE SCIENCES SOLUTIONS USA LLC. **Sistema de reator pressurizado.** Inventores: COLIN R. TUOHEY; THOMAS ERDENBERGER; RICHARD L. DAMREN; KENNETH CLAPP; PARRISH M. GALLIHER; JONATHAN KENNEY. BR 11 2014 021678 9 B1, 20 jun. 2017.

GOMES, M. A. S.; PEREIRA, F. E. C. **Hélice Triplíce: Um ensaio teórico sobre a relação Universidade-Empresa-Governo em busca da inovação.** International Journal of Knowledge Engineering and Management, v. 4, n. 8, p. 136-155, 2015.

GOMOLLÓN-BEL, F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J. **Emerging chemistry technologies for a better world.** Nat. Chem., v. 14, p. 113-114, 2022.

GONÇALVES, H. C. T. et al. **Nanotecnologia e biotecnologia no desenvolvimento de medicamentos para o tratamento de doenças crônicas e não crônicas (câncer e diabetes): revisão integrativa.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 11, p. 74436-74452, nov. 2022.

GRAPH PAD INC. **GraphPad Prism** (Versão 8.0.2). San Diego, CA: GraphPad Software, 2023.

GRUPO PETROTEMEX, S.A. DE C.V. **Processo, e, sistema de reator**. Inventores: BRUCE ROGER DEBRUIN; THOMAS LLOYD YOUNT; LARRY CATES WINDES; WESLEY THOMAS MOYER. PI 0814612-8 B1, 27 jan. 2015.

HALDOR TOPSØE A/S. **Método de preparar metanol, e, reator de metanol para uso no mesmo**. Inventor: MAX THORHAUGE. PI 0906447-8 B1, 23 fev. 2021.

HARRIOTT, P. **Chemical Reactor Design**. 1.ed. 448 p, 2003.

HEDAYAT, A. **The role of advanced nuclear reactors in non-electrical and strategic applications, producing sustainable energy supplies and reducing the greenhouse gasses**. Kerntechnik, vol. 87, n. 5, p. 579-596, 2022.

HESSEL, V.; KNOBLOCH, C.; LOWE, H. **Review on patents in microreactor and micro process engineering**. Recent Patents on Chemical Engineering, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2008.

IFP ENERGIES NOUVELLES. **Cesto removível para reator catalítico, dispositivo para a filtração e distribuição de uma fase gasosa e de uma fase líquida, reator adequado para operar com um fluxo paralelo descendente de gás-líquido e processo**. Inventores: WILFRIED WEISS; CECILE PLAIS. BR 10 2018 071269 1 B1, 07 maio 2019.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Criação do INPI**. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/instituto-nacional-da-propriedade-industrial>

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. **Indicadores de Propriedade Industrial 2020**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, 2021b.50p.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. **Patentes**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/perguntas-frequentes/patentes#patente>

JAVAID, M. et al. **Sustaining the healthcare systems through the conceptual of biomedical engineering: A study with recent and future potentials**. Biomedical Technology, v. 1, p. 39-47, 2023.

KIM, G.; BAE, J. **A novel approach to forecast promising technology through patent analysis**. Technol. Forecast. Soc. Change, 2016.

KIRCHER, M. **Bioeconomy: Markets, Implications, and Investment Opportunities**. Economies, v. 7, n. 3, p. 73, 2019.

KISS, A. A.; GRIEVINK, J.; RITO-PALOMARES, M. **A systems engineering perspective on process integration in industrial biotechnology**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 90, n. 3, p. 349-355, mar 2015a.

LEVENSPIEL, O. **Engenharia das reações químicas**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1974.

LIGUORI, R.; AMORE, A.; FARACO, V. **Waste valorization by biotechnological conversion into added value products**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, p. 6129-6147, 2013.

LIMA, C.D.C. **Interação entre a produção científica e os dados de patentes das universidades federais brasileiras**. 2023. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Economia, Universidade de Brasília, Brasília.

LINTON, K.; STONE, P.; WISE, J. **Patenting trends & innovation in industrial biotechnology**. Industrial Biotechnology, v. 4, n. 4, p. 367-390, 2008.

- LUYBEN, W. L. **Chemical Reactor Design and Control**. 1ª ed. Wiley-Interscience, 2007. 436 p.
- MAPCHART. **Create your own custom map**. 2023. Disponível em: <https://www.mapchart.net>
- MANZINI, R.; LAZZAROTTI, V. **Intellectual property protection mechanisms in collaborative new product development**. R&D Management, v. 46, n. S2, p. 579-595, 2016.
- MARRA, J. **Advanced ceramic materials for next-generation nuclear applications**. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2011. p. 1-6.
- MCKINNEY, L. **Materials in nuclear energy applications**. Undergraduate Research in MSE, v.1, p. 56-58, 2020.
- METTEN, A. et al. **A introdução do complexo econômico industrial da saúde na agenda de desenvolvimento: uma análise a partir do modelo de fluxos múltiplos de Kingdon**. Rev. Adm. Pública, v. 49, p. 915-936, 2015.
- MORANDIN, J. L. P. L.; SILVA, M. C. D; MOURA, A. M. M. D. **As patentes e o desenvolvimento tecnológico no contexto da ciência aberta: perspectivas da influência do sigilo informacional e da pesquisa proprietária**. RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 21, p. 1-18, 2023.
- MOTA, G. R. **Análise de patentes depositadas pela Universidade de Brasília quanto ao seu potencial disruptivo**. Graduação (TCC) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- NIELSEN, J.; TILLEGREEN, C. B.; PETRANOVIC, D. **Innovation trends in industrial biotechnology**. Trends in Biotechnology, v. 40, n. 10, p. 1160-1172, out. 2022.
- NOVELI, M.; SEGATTO, A. P. **Processo de cooperação universidade-empresa para inovação tecnológica em um parque tecnológico: evidências empíricas e proposição de um modelo conceitual**. Revista de Administração e Inovação. São Paulo, v. 9, n. 1, p. 81-105, jan./mar. 2012.
- NUNES, J. S.; OLIVEIRA, L. G. D. **Universidades brasileiras: utilização do sistema de patentes de 2000 a 2004**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2007. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/arquivos/universidades\\_brasileiras.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/arquivos/universidades_brasileiras.pdf)
- OLIVEIRA, E.B. **Análise do portfólio de patentes de uma universidade pública brasileira: o caso da Universidade de Brasília**. Dissertação - Universidade de Brasília (UnB): 2019.
- OSTERMEYER, P. et al. **Electrified bioreactors: the next power-up for biometallurgical wastewater treatment**. Microbial Biotechnology, v. 15, n. 3, p. 755-772, mar. 2022.
- OTONI, C. G. et al. **The Food–Materials Nexus: Next Generation Bioplastics and Advanced Materials from Agri-Food Residues**. Advanced Materials, v. 33, n. 43, oct 2021.
- Oxford Economics. **The Global Chemical Industry: Catalyzing Growth and Addressing Our World’s Sustainability Challenges**. 2019. Disponível em: <https://www.oxfordeconomics.com/resource/the-global-chemical-industry-catalyzing-growth-and-addressing-our-world-sustainability-challenges/>
- PETROBRAS. **Petrobras bate recorde de depósito de patentes em 2023**. 2024a. Disponível em: [Petrobras bate recorde de depósito de patentes em 2023](#)

- PETROBRAS. **Petrobras disponibiliza 214 patentes tecnológicas ao mercado para licenciamento.** 2023. Disponível em: Petrobras disponibiliza 214 patentes tecnológicas ao mercado para licenciamento.
- PETROBRAS. **Refino: transformando o petróleo em produtos | Petrobras.** 2024b. Disponível em: Refino: transformando o petróleo em produtos | Petrobras
- PLOWRIGHT, A.T. et al. **Joining Forces: The Chemical Biology–Medicinal Chemistry Continuum.** Cell Chemical Biology, v. 24, p. 1058-1065, 2017.
- POJO, Sabrina da Rosa. **Proteção e licenciamento de tecnologias da Universidade: a experiência da UFRGS.** 2014 102f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil, 2014.
- POLETTO, C.A.; ARAÚJO, M.A.D.A; MATA, W. D. **Gestão compartilhada de P&D: o caso da Petrobras e a UFRN.** Revista de Administração Pública, v. 45, p. 1095-1117, 2011.
- PRIYADARSHINI, B.M.; DIKSHIT, V.; ZHANG, Y. **3D-printed Bioreactors for In Vitro Modeling and Analysis.** International Journal of Bioprinting, v. 6, n. 4, p. 267, aug. 2020.
- RAINEY, M. M. **Free sources for patent searching: A review.** Business Information Review, v. 31, n. 4, p. 216-222, 2014.
- ROCHA, E.M.P; DUFLOTH, S.C. **Análise comparativa regional de indicadores de inovação tecnológica empresarial: contribuição a partir dos dados da pesquisa industrial de inovação tecnológica.** Perspectivas em Ciência da Informação, v.14, n.1, p.192 - 208, 2009.
- RORIZ, A. C. C. **Um estudo bibliográfico acerca da relação entre empreendedorismo e inovação na universidade.** 2023. 52 f. Graduação (TCC) - Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- ROSA, D. S. **Projeto e otimização de reatores tubulares via análise da produção de entropia.** 2018. 56 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- SCHAMAL, M. **Cinética e Reatores: Aplicação a Engenharia Química,** Ed. Synergia, 2ª ed., 2010.
- SCHIRMER, C.; MASCHKE, R.W; PÖRTNER, R.; EIBL, D. **An overview of drive systems and sealing types in stirred bioreactors used in biotechnological processes.** Appl. Microbiol. Biotechnol., v. 105, n. 6, p. 2225-2242, mar. 2021.
- SCHWARTZ, T. J.; SHANKS, B. H.; DUMESIC, J. A. **Coupling chemical and biological catalysis: a flexible paradigm for producing biobased chemicals.** Current Opinion in Biotechnology, v. 38, p. 54-62, 2016.
- SHELL. **Research and development - Shell Sustainability Report 2017.** 2017. Disponível em: <<https://reports.shell.com/sustainability-report/2017/energy-transition/research-and-development.html>>.
- SHIRZAD, M. et al. **Moving Bed Reactors: Challenges and Progress of Experimental and Theoretical Studies in a Century of Research.** Ind. Eng. Chem. Res, v. 58, p. 9179-9198, 2019.
- SILVA, M.B. et al. **Panorama da inovação nas regiões brasileiras: uma análise de indicadores da Pintec.** Revista INGI, v. 8, n.2, p. 2571-2585, 2024.
- SINGH, J.; KAUSHIK, N.; BISWAS, S. **Bioreactors – Technology & Design Analysis.** The SciTech Journal, vol. 01, n. 06, p. 28-36, jun. 2014.

SPIER, M. R. et al. **Aplicação de diferentes tipos de biorreatores em bioprocessos**. In: Bioreatores: Design, Propriedades e Aplicações. 1. ed. Nova Science Publishers, 2011. p. 55-90.

STAL, E.; NOHARA, J. J.; CHAGAS JR. **Os conceitos da inovação aberta e o desempenho de empresas brasileiras inovadoras**. Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 295-320, abr./jun. 2014.

SUAREZ, P.A.Z. et al. **Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los**. Química nova, v. 32, p. 768-775, 2009.

SUNDARARAJAN, A. R. **Why do we Need Research Reactors?**. Science Reporter, p. 31-33, 2020.

UNIVATION TECHNOLOGIES. **Dow Corporate**. 2024. Disponível em: <[https://www.univation.com/en-us/unipol.html#xd\\_co\\_f=OGZmZjU5ZTEtMDdlOS00MzczLWE4OTAAtZGUyNTkzMmZkN2I2~>](https://www.univation.com/en-us/unipol.html#xd_co_f=OGZmZjU5ZTEtMDdlOS00MzczLWE4OTAAtZGUyNTkzMmZkN2I2~>)>.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. **Processo de pré-tratamento de efluentes, reator de catálise homogênea, e sistema compreendendo o reator de catálise**. Inventores: ANA MARIA DA COSTA FERREIRA; SAULO AFONSO DE ALMEIDA FILHO; NILTON TORRES DE BASTOS FILHO; VERA REGINA LEOPOLDO CONSTANTINO. BR 10 2016 014409 4 B1, 02 jan. 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Processo contínuo de esterificação em reator de fluxo pistonado e produto obtido do mesmo**. Inventores: RUBENS MACIEL FILHO; MARIA REGINA WOLF MACIEL; LUIZ GUSTAVO AMBROGI. PI 0804276-4 B1, 06 jul. 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Reator de deposição química, processo de produção de um filme ultrapuro de carbono e filmes assim obtidos**. Inventores: VITOR BARANAUSKAS; ALFREDO CARLOS PETERLEVITZ; WAGNER SANERIP; HUDSON GIOVANI ZANIN. BR 10 2013 032728 0 B1, 08 dez. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL. **Produção de biocombustível a partir de cascas de banana em reator anaeróbio em batelada**. Inventores: MARIANY FERNANDES BARROS; EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM; JOSÉ DIEGO MAGALHÃES SOARES. BR 10 2020 019210 8 A2, 29 mar. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRS. **Processo de produção de nanotubos e/ou nanofibras de carbono a partir de matéria orgânica, dispositivo reator para a produção de nanotubos e/ou nanofibras de carbono, e, nanotubos e/ou nanofibras de carbono obtidos**. Inventores: LUIZ CARLOS PINTO DA SILVA FILHO; NESTOR CEZAR HECK; MARIA DA GRAÇA SEBAG BERND. BR 10 2012 022053 9 B1, 14 out. 2014.

VARGAS, M; GADELHA, C. A. G.; COSTA, L. S.; MALDONADO, J. **Inovação na indústria química e biotecnológica em saúde: em busca de uma agenda virtuosa**. Revista de Saúde Pública, v. 46, p. 37-40, 2012.

Verified Market Research. **Global Bio-based Materials Market Size by Type, by Application, by Geographic Scope and Forecast**. 2021. Disponível em: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/bio-based-materials-market/>

WHEELDON, I.; CHRISTOPHER, P.; BLANCH, H. **Integration of heterogeneous and biochemical catalysis for production of fuels and chemicals from biomass**. Current Opinion in Biotechnology, v. 45, p. 127-135, 2017.

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Indicators**. 2021b. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_941\\_2021.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2021.pdf)

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Wipo Workforce**. 2021a. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-workforce-2021-dec-en-wipo-workforce-2021.pdf>

WOODLEY, J. M.; BREUER, M.; MINK, D. **A future perspective on the role of industrial biotechnology for chemicals production**. Chemical Engineering Research and Design, v. 91, n. 10, p. 2029-2036, 2013.

ZIN, H. B. **Análise de documentos de patentes depositadas entre 2020 e 2021 para enfrentamento da COVID-19**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia-Bioquímica) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

YANG, L.; YANG, A.; Zhang, L. **Technological Profile of Microreactor Based on Patent Analysis**. Chemistry Select, v. 9, 2024.

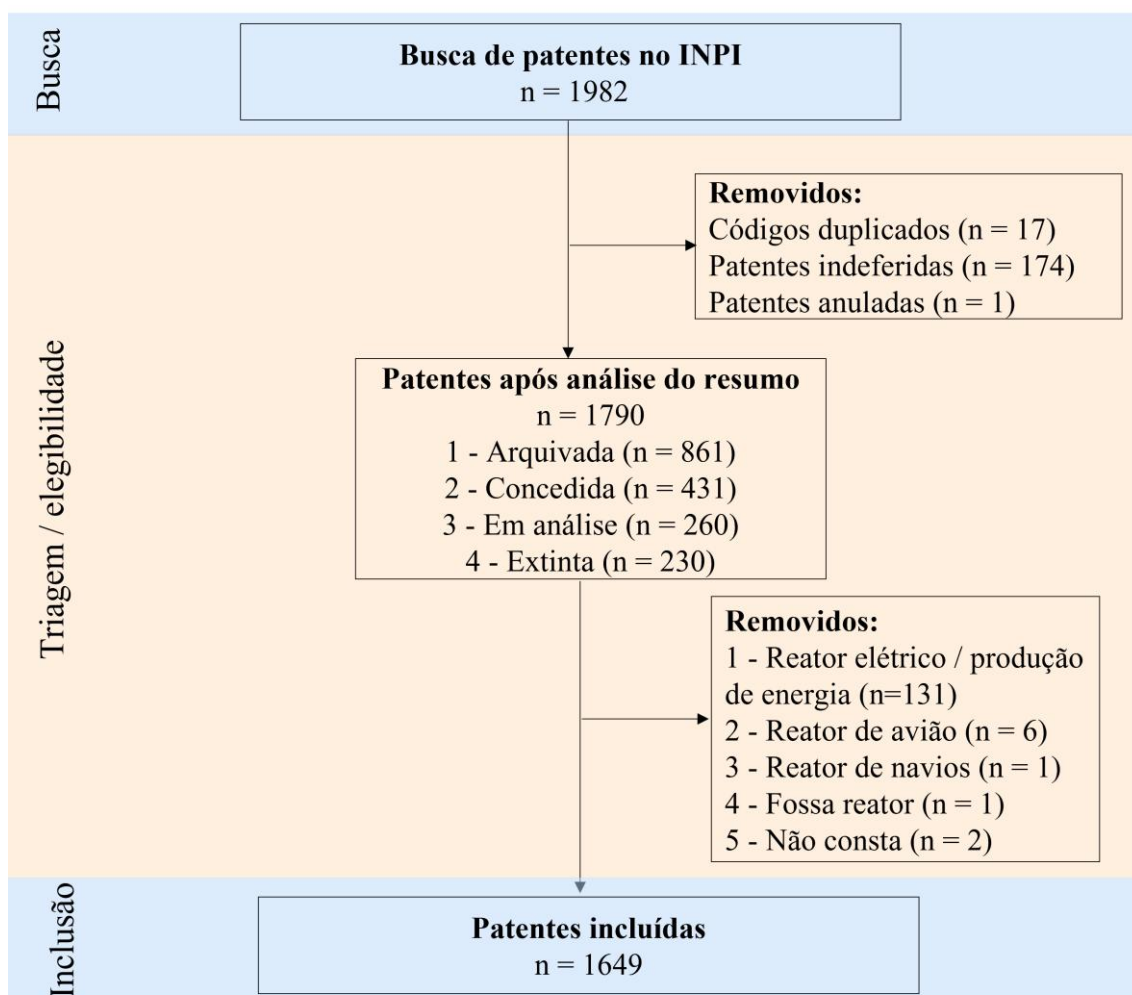
## **APÊNDICE – Metodologia utilizada na pesquisa**

Os dados sobre patentes de bioengenharia, bioprocesso, biorreator e reatores foram coletados no banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) em fevereiro e março de 2023. Patentes de invenção, modelos de utilidade e certificados de adição foram incluídos no estudo. As buscas nos títulos e resumos foram realizadas em português usando palavras-chave específicas: bioengenharia, bioprocesso, bioprocessos, biorreator, bioreator, biorreatores, reator e reatores. O levantamento de dados foi executado de acordo com a resolução n.º 510 do Ministério da Saúde de 7 de abril de 2016, parágrafo VI, artigo 2.

A estratégia de busca deste estudo é apresentada na Figura 7. As patentes indeferidas, anuladas e com códigos duplicados não foram incluídas. Os resumos das patentes foram avaliados individualmente. Foram excluídas as patentes de reatores elétricos ou para produção de energia, reatores de avião, reatores de navios, fossa reator e patentes cujo status não estava definido.

As patentes foram classificadas quanto ao a) status (arquivada, concedida, indeferida, extinta ou em análise) e b) depositante/titular (empresa, instituto de pesquisa/federal, inventor independente, universidade ou outros – organizações internacionais, governamentais ou não governamentais e Ministério da Ciência e Tecnologia). Para evitar duplicações e garantir a precisão dos dados, cada depositante com mais de um pedido de patente foi contabilizado apenas uma vez. Dessa forma, o número total reflete a quantidade real de depositantes, sem que um mesmo solicitante apareça repetidamente na contagem. Essa abordagem foi aplicada exclusivamente à análise do tipo de depositante e à distinção entre residentes e não residentes, visto que esses aspectos estão intrinsecamente ligados. No entanto, para todas as demais análises, cada patente foi considerada individualmente, independentemente do número de depósitos feitos por um mesmo solicitante.

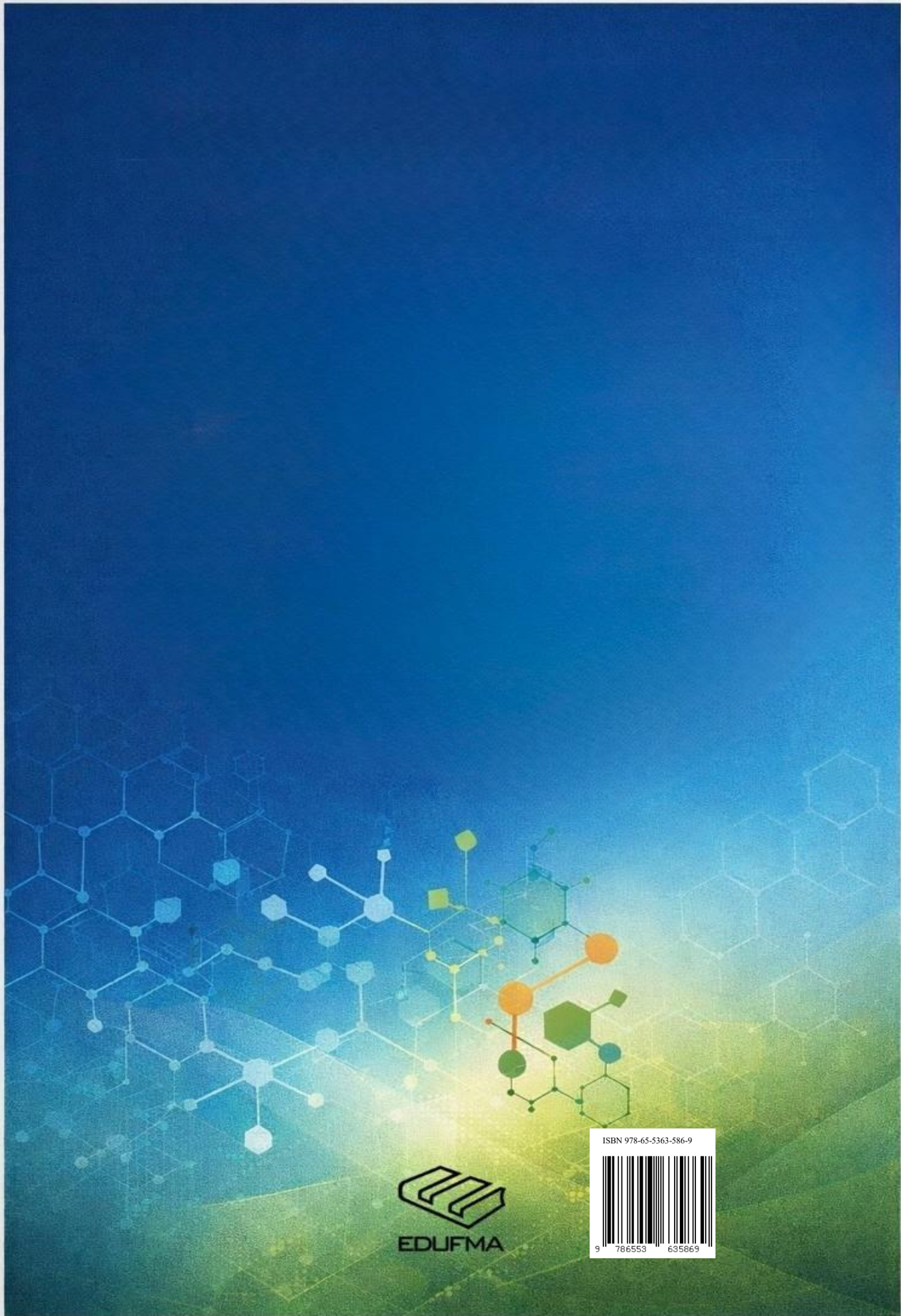
Pedidos de patentes em que os depositantes fizeram colaboração, foram avaliados individualmente. Foi avaliado ainda a origem dos depositantes e a evolução anual dos pedidos de patentes com base no tipo de depositante e palavra-chave. Os gráficos foram elaborados com o auxílio do software GraphPad Prism 8.0.2 (GraphPad Inc., San Diego, CA, EUA), enquanto os mapas foram criados por meio da ferramenta online MapChart.



**Figura 1** - Fluxograma do processo de busca, triagem e seleção das patentes no INPI relacionadas à bioengenharia, bioprocessos e reatores  
**Fonte:** autoras (2025)

Realizado o Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

TÍTULO	Patentes em bioengenharia, bioprocessos e reatores no Brasil: indicadores de inovação tecnológica
AUTORAS	Alexandra Martins dos Santos Soares Cecilia Caroline Santos Alves
SUPORTE	Digital
PROJETO GRÁFICO E CAPA	Alexandra e Cecilia
PÁGINAS	58
TIPOGRAFIA	Times New Roman   CORPO Times New Roman   TÍTULOS



ISBN 978-65-5363-586-9



9 786553 635869