

# Bioprospecção de Cristais Semicondutores Bioativos de Interesse Tecnológico

## *Bioactive Semiconductor Crystals with Application in Industry*

Odete Gonçalves<sup>1</sup>

Cristiane Carla Gonçalves<sup>1</sup>

Fúlvia Soares Campos de Sousa<sup>1,2</sup>

Izamir Resende Junior Borges Miguel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>50.520.041 Inova Simples, Salvador, BA, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

### Resumo

No mundo contemporâneo, as atividades cotidianas têm exigido maior agilidade na comunicação. No que se refere à troca de informações e ao maior desenvolvimento na indústria de eletrônicos, nessa direção, destacam-se os semicondutores no avanço biotecnológico. Para a viabilização comercial dos cristais semicondutores, obtidos por meio da patente PI 1105934-6 e aceito no Centelha II, foi realizado um estudo de prospecção tecnológica com as palavras-chave “Semicondutores, Fungos e Eletrônico”, no banco de dados da Web of Science – Espacenet, por códigos indexados na Classificação Internacional de Patentes (CIP). A avaliação minuciosa dos trabalhos relacionados à temática deste estudo evidenciou um cenário promissor para a aplicação de semicondutores nas indústrias de eletrônicos e de instrumentos biotecnológicos, o que, por sua vez, impulsiona o desenvolvimento econômico dos países que investem nas pesquisas relacionadas a essa tecnologia.

Palavras-chave: Semicondutores; Fungos; Eletrônico.

### Abstract

In the contemporary world, everyday activities have required greater agility in communication, with regard to the exchange of information and greater development in the electronics industry, with semiconductors standing out in biotechnological advancement. For the commercial viability of semiconductor crystals, obtained through patent PI 1105934-6 and accepted in Centelha II, a technological prospecting study was carried out using the keywords “Semiconductors, Fungi and Electronic”, in the Web of Science – Espacenet database, by codes indexed in the International Patent Classification (IPC). The thorough evaluation of works related to the theme of this study highlighted a promising scenario for the application of semiconductors in the electronics and biotechnological instrument industries, which drives the economic development of countries that invest in research related to this technology.

Keywords: Semiconductors; Fungi; Electronic.

Áreas Tecnológicas: Indústria de Novos Materiais. Sensores Eletrônicos Biotecnológicos. Bioprocessos Industriais.



# 1 Introdução

A manipulação da estrutura molecular de compostos químicos como o direcionamento para emprego em semicondutores, normalmente tem por base a utilização de átomos com natureza semelhante, esse é um conhecimento normalmente de base científica universitária. Nesse panorama, destaca-se a utilização do silício, direcionado para a aplicação em eletrônicos no formato de pequenas lâminas miniaturizadas categorizados como *chips* (Xiang *et al.*, 2021; Wang; Liu; Zhou, 2022). Todavia, para tal finalidade de aplicação, o composto utilizado como semicondutor molecular deve apresentar duas propriedades essenciais, que são: a estabilidade estrutural e a neutralidade elétrica (Gao, 2021; Schweicher, 2020).

No mundo contemporâneo, as atividades cotidianas têm exigido maior agilidade na comunicação no que se refere à troca de informações entre universidades e à necessidade industrial, com o intuito de facilitar a conexão interpessoal a nível mundial. Diante disso, a descoberta tanto de novas matérias-primas quanto de instrumentos eletrônicos mais eficientes e miniaturizados é emergencial, de forma a oferecer melhor desempenho para condução de correntes elétricas nos *chips* e a permitir melhor intercâmbio de conteúdo (Xiang *et al.*, 2021; Burkacky; De Jong; Dragon, 2022).

No entanto, diante da escassez mundial de potenciais materiais para essa aplicação e concomitante desestruturação da cadeia de suprimentos de semicondutores, na denominada “Crise dos *Chips*”, os setores impactados estão em constante modificação da forma de negócio com seus fornecedores. Tais reflexos de escassez de novas tecnologias apontam para a necessidade de uma maior interação e aproximação entre a universidade e a indústria na troca de saberes. Isso tem sido observado em diferentes segmentos da economia mundial, o que abrange desde o setor de eletrônicos e de eletrodomésticos até o setor automobilístico, com a redução ou a paralização da produção de desses produtos (Mohammad; Elomri; Kerbach, 2022; Frieske; Stieler, 2022).

Em relação à natureza química de novos materiais, as amidas – compostos orgânicos nitrogenados derivados da amônia – apresentam uma constituição estrutural de caráter polar, com átomos de carbono solúveis em água. Vale ressaltar que as amidas não substituídas apresentam maior pontos de ebulição e são frequentemente encontradas na temperatura ambiente no formato de sólidos, na organização de redes cristalizadas. Essas características possibilitam ampla utilização já explorada desses compostos químicos na produção de fertilizantes, polímeros e medicamentos (Zheng *et al.*, 2022; Salmon; Bañares-Alcántara, 2022).

Para a produção dos cristais semicondutores, foram utilizados os agentes biológicos fungos que produzem enzimas extracelulares oxidativas que possibilitam a quebra dos compostos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de cadeia longa e transformando-os em compostos incorporados facilmente ao seu metabolismo. Tais enzimas hidrolisam ligações peptídicas, libertando peptídeos que são degradados a aminoácidos livres pelas peptidases que os decompõe (Rodwell, 2009).

Este trabalho tem por objetivo avaliar patentes existentes sobre a temática cristais semicondutores bioativos para compreensão do cenário tecnológico envolvendo essa aplicação na indústria.

## 1.1 Descrição da Tecnologia

Foi desenvolvido um trabalho de biorremediação com fungos em sedimento de manguezal exsudado de petróleo, substrato argiloso do ecossistema, do qual resultou após 90 dias a produção de pequenos filetes de cristais de halita (NaCl), estrutura cristalina cúbica. Foram feitas as caracterizações em infravermelho, fluorescência de raios-X e cromatografia, sendo concluída a produção de cristais de silicato semicondutor, com características eletromagnéticas. É um produto de baixo custo produzido pela ação microbiana (fungos) na quebra de ligações peptídicas, a partir de componentes voláteis das moléculas dos compostos policíclicos aromáticos dos hidrocarbonetos em substrato argilosos do ecossistema com patente registrada em PI 1105934-6. O mencionado trabalho foi aceito no Edital n. 3/2022 – Edital Fapesb/Secti – Centelha II para viabilizar a comercialização dos cristais semicondutores, sendo considerado matéria-prima para as indústrias eletrônicas.

## 2 Metodologia

A investigação por prospecção foi realizada por meio da base de dados de patentes European Patent Office (Espacenet) e, por Pesquisa Avançada, na base de dados Worldwide, coleção completa em abril de 2024. Justificando o interesse científico do trabalho dos semicondutores e suas aplicações, foram utilizadas inicialmente as palavras-chave: “Semicondutores, Fungos, Eletrônico”, com as quais foram obtidos os códigos por classificação H01L21/00, H01L25/00, H01L27/00, H01L29/00, G06F21/00, G06Q30/00, G06Q50/00.

Para melhor refinar a pesquisa, utilizou-se uma combinação de códigos investigados na Classificação Internacional de Patentes (CIP) pela pesquisa avançada (Advanced Search), no campo de pesquisa “IPC”, no qual foram obtidos para cada código documentos patentários em quantidade significativa, porém muito abrangente, um dos que mais se aproximou do objetivo foi a combinação do código H01L21/00 and G06Q50/00 que obteve 294 patentes. Como a pesquisa envolve o agente microbiológico “fungo”, fica mais específico e reduz drasticamente o número de documentos patentários, tornando-os um instrumento de estudo inovador. Foram encontrados 62 documentos de patentes entre as combinações de códigos CIP-EP.

Os arquivos dos documentos de patentes foram compactados e exportados para o *software* Microsoft Office Excel 2010, por meio do programa CSVed version 2.4 2016 (Sam Francke), sendo possível realizar o tratamento e a análise das informações obtidas das patentes encontrados. Os dados foram analisados, considerando-se os indicadores: 1) códigos de classificação internacional; 2) o ano de depósito; 3) os inventores; 4) as empresas; 5) os países que mais se destacaram com maior número de depósitos realizados; 6) o país de origem da patente; e 7) a finalidade da distribuição das aplicações dos semicondutores bioativos na indústria de sensores e enzimáticos medicinais. Tais dados foram processados em gráficos para melhor compreensão.

## 3 Resultados e Discussão

O resultado desta pesquisa foi de modo significativa sintetizada, direcionando os dados para diversos registros de documentos de patentes referentes à Eletricidade e a Instrumentos

Tecnológicos. Foram também utilizados os compostos orgânicos e inorgânicos, estudando os corpos, a forma e o tamanho dos semicondutores.

O cruzamento dos termos radicais “Semiconducto\*”, “Fung\*” e Electro\* proporcionaram resultados de grande abrangência, porém específicos, o que foi muito relevante porque direcionam o trabalho da pesquisa para a área bastante interessante da Física nos Instrumentos de Informática, no comércio com o Serviço ao Cliente no Dispositivo Segurança do Computador (Tabela 1).

**Tabela 1** – Definição do Escopo: códigos

| SEMICONDUCTO* | FUNG* | ELECTRO* | CIP-EP    |
|---------------|-------|----------|-----------|
| X             | X     | X        | H01L21/00 |
| X             | X     | X        | H01L29/00 |
| X             |       | X        | H01L21/00 |
| X             |       | X        | H01L27/00 |
| X             |       | X        | H01L29/00 |
|               | X     | X        | H01L25/00 |
|               | X     | X        | G06Q30/00 |
|               | X     | X        | G06Q50/00 |
|               | X     | X        | G06F21/00 |

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Entretanto, é importante pontuar que a representatividade encontrada não significa o total de invenções protegidas nessa área, isso porque verificou-se que algumas dessas patentes foram depositadas em diferentes países (PCT), com o objetivo de garantir o direito de exclusividade aos seus inventores nos mercados destacados como os mais relevantes. Sabendo que o direito da patente é territorial (Barbosa, 2003), a Tabela 2 demonstra o número de patentes depositadas na base de dados da Classificação Internacional de Patentes (CIP), cujo resultado foi obtido a partir da pesquisa com combinação indexada de códigos.

Houve um total bem específico de documentos patentários que envolvem os dispositivos, os circuitos e os aparelhos de medição em instrumentação medicinal e nas análises de imunoensaios envolvendo enzimas. Um total de 294 patentes não foram selecionadas por ser este um número muito abrangente envolvendo documentos patentários que não correspondiam com o objetivo do trabalho. Dessa forma, para melhor especificar e direcionar os estudos, foram organizadas sete combinações de códigos com o intuito de obter os documentos mais relevantes para o uso industrial da matéria-prima: os sensores e os semicondutores.

Na combinação H01L29/00 and G06Q50/00, inicialmente foram obtidas 34 patentes específicas na base de dados Worldwide. Em H01L21/00 e G06F21/00, obteve-se como resultado oito documentos patentários; em seguida, na combinação H01L27/00 e G06F21/00, foram obtidas seis patentes; na combinação H01L25/00 e G06F21/00, foram obtidas quatro patentes. Nesse mesmo seguimento, foi pesquisada a combinação H01L21/00 e G06Q30/00, com quatro documentos patentários encontrados; na sequência, pesquisou-se por H01L29/00 e G06F21/00

e pela combinação de H01L25/00 e G06Q50/00, ambas as combinações resultaram em um total de três documentos patentários (Tabela 2).

**Tabela 2** – Combinação de códigos da CIP com total de patentes pesquisadas na base Espacenet

| Códigos CIP/EP                | Número de Patentes |
|-------------------------------|--------------------|
| H01L21/00 and G06Q50/00       | 294                |
| H01L29/00 and G06Q50/00       | 34                 |
| H01L21/00 and G06F21/00       | 8                  |
| H01L27/00 and G06F21/00       | 6                  |
| H01L25/00 and G06F21/00       | 4                  |
| H01L21/00 and G06Q30/00       | 4                  |
| H01L29/00 and G06F21/00       | 3                  |
| H01L25/00 and G06Q50/00       | 3                  |
| Total de patentes pesquisadas | 62                 |

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Observa-se que os códigos resultantes da pesquisa são muito direcionados, com radicais cada vez mais específicos entre eletricidade, elementos elétricos, Física e componentes semicondutores, equipamentos industriais e segurança dos dispositivos, processamentos de dados, além dos cuidados com os clientes. Dessa forma, tornou-se muito interessante, a nível técnico-científico, os estudos de prospecção para os trabalhos que estão sendo desenvolvidos (Tabela 3).

**Tabela 3** – Especificação dos códigos da CIP

| CÓDIGOS CIP-EP | ESPECIFICAÇÕES                                                                                |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| H01L21/00      | Processos ou aparelhos adaptados para fabricação de dispositivos semicondutores.              |
| H01L27/00      | Dispositivos semicondutores adaptados com retificação, amplificação com barreiras potenciais. |
| H01L29/00      | Dispositivos com pluralidade de semicondutores estado sólido em substrato comum.              |
| H01L25/00      | Conjuntos constituídos pluralidade de semicondutores individuais de estado sólido.            |
| G06Q30/00      | Tecnologias de Informação Comunicação [TIC] comercialização compra/venda.                     |
| G06Q50/00      | Tecnologia de Informação Comunicação [TIC] adaptada à informática em saúde.                   |
| G06F21/00      | Disposições segurança para proteger computadores, componentes, programas.                     |

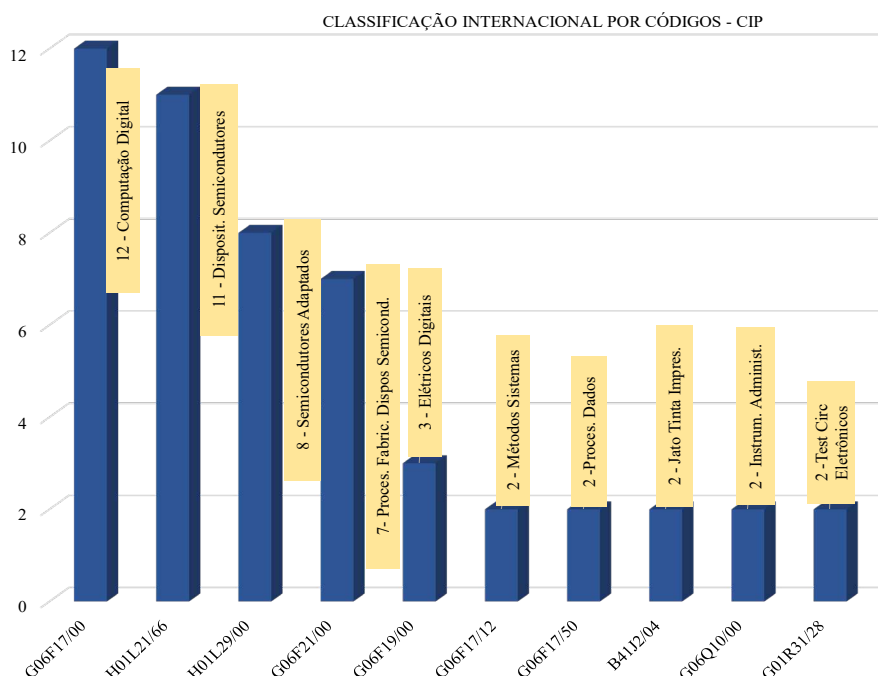
Fonte: INPI (2024)

### 3.1 Patentes Depositadas na Base de Dados Espacenet

Os documentos da pesquisa se posicionaram em torno das seções B – “Execução de Operações; Transporte”; da seção G – “Física”, “Equipamentos ou métodos de computação digital ou de processamento de dados”; e da seção H – “Eletricidade”, “Dispositivos Semicondutores, Elementos Elétricos”.

A partir daí, foram ampliadas em ramificações específicas para aprimorar cada segmento. Dessa forma, no código G06F17/00, destacam-se os instrumentos de computação digital, com 12 patentes. Outra subseção pesquisada com o código H01L21/66 – Processos ou aparelhos adaptados, fabricação ou tratamento de dispositivos semicondutores não abrangidos na classe, trouxe como resultado o total de 11 patentes. Ainda no código H01L29/00, com processos ou aparelhos adaptados para retificação e ampliação, que possuam barreiras de potencial, como capacitores e resistores, foram obtidos oito documentos de patentes. Dando continuidade à pesquisa na subseção G de Física, com o código G06F21/00, aparecem os dispositivos de segurança que envolvem a proteção dos computadores, seus componentes, programas ou dados. Na sequência, são apresentadas as ramificações específicas da seção G, categorizando sua atividade com números de patentes com menor expressão. Destaca-se ainda o código B41J2/04, no qual atuam os magnéticos e os jatos de tinta para impressão (Gráfico 1).

**Gráfico 1** – Distribuição por códigos da CIP e por número de depósitos patentários



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Nessa distribuição de inventos, os que mais se destacam, com quatro patentes, foram os inventores: Silverbrook KIA [AU], da Austrália, com a patente US2009124029 (A1), depositada nos Estados Unidos da América “Método de fabricação de resistor e transistor de unidade própria para cabeçote de impressão”, com o código B41J2/04 – “Execução de Operações”; e o inventor Tatsumi Takaaki, do Japão, que apresenta o documento de patente JPH09107089 (A) de 1997, requerido pela empresa Sony Corp., com os códigos CIP – H01L29/00 e G06Q50/00, para a realização de uma simulação de dispositivo de processo semicondutor.

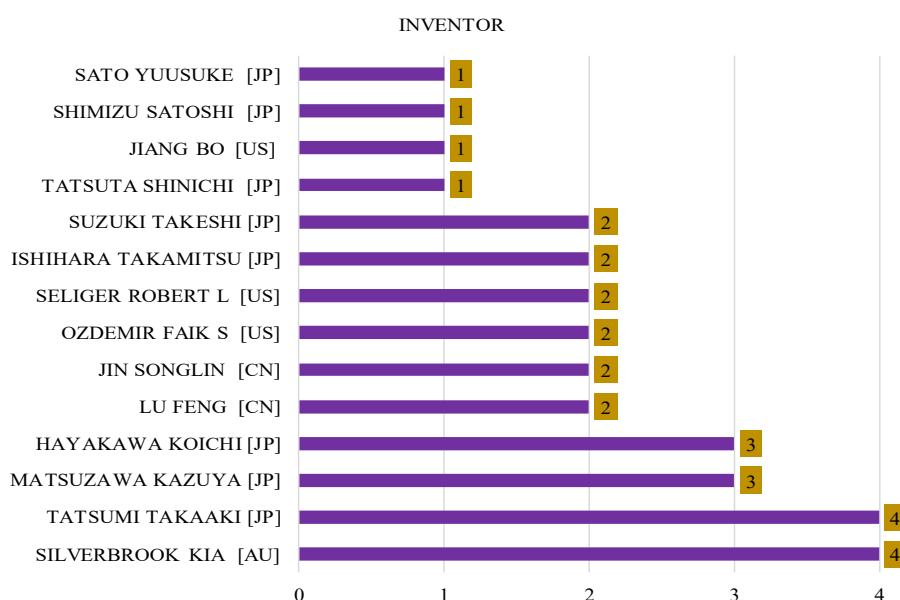
Ainda nessa sequência, o inventor Yamada Shinichi apresenta a patente JPH10200089 (A), em 31 de julho de 1998, a qual fornece um resultado estável e ao mesmo tempo reduz o tempo de cálculo da simulação de partículas e o consumo no processo desse tipo de recurso computacional



No documento patentário “Método de Simulação de Partículas” JPH09245018 (A), de 1997 do Japão, o inventor Matsuzawa Kazuya apresenta a solução para o limite de uma área de baixa probabilidade em que essa presença de partículas é baixa e uma área de alta probabilidade em que a probabilidade de presença de partículas é alta e definida; esse trabalho foi requerido pela empresa “Toshiba Corp.”, com o código “H01L21/66. Observa-se que tal código pertence à seção H – “Eletricidade”, “Dispositivos Semicondutores” e trata especialmente de “Processos ou aparelhos adaptados para a fabricação de dispositivos semicondutores ou de estado sólido ou de suas partes”.

Esse torna-se um documento patentário de suma importância para o desenvolvimento da ciência eletrônica e seu aperfeiçoamento para aplicação industrial eletrônica e sua comercialização. Os inventores Matsuzawa Kazuya e Hayakawa Koichi obtiveram ambos três documentos de patentes. Os demais apresentaram dois e uma patentes por invento, como mostra o Gráfico 2.

**Gráfico 2** – Distribuição por inventores e detentores das patentes



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Na sequência evolutiva anual, destaca-se a indústria de eletrônicos na contribuição de uma bioeconomia efetiva que se constata com os depósitos de patentes por códigos na Classificação Internacional de Patentes (CIP). Assim sendo, foi realizado um histórico desde o ano de 1888, quando já havia dois depósitos de patentes. Seguindo seu curso, notou-se uma boa elevação de depósitos em 1995, com seis patentes depositadas. Entretanto, observa-se que o que mais se destacam no Gráfico 2 são os dois picos de depósitos entre os anos de 1997 e de 1999, já que nos dois anos é possível identificar nove depósitos de patentes. Esses depósitos apresentam, entre outros, aparelhos de simulação de semicondutores, compreendendo uma parte de entrada, para inserir dados de referência e dados de modificação exigidos pelo cálculo de simulação. Uma parte do cálculo de informações, que servem de banco de dados, foi o equipamento inicial da fase eletrônica.

Destaca-se no ano 1997 a patente JPH09246269 (A), “Simulation Evaluation Method for Semiconductor Device”, do inventor, Kobayashi Takeshi, do Japão, que foi requerida pela

empresa “Sony Corp.”, com o código “H01L29/00, entre outros, na seção H – “Eletricidade”, “Dispositivos Semicondutores, Elementos Elétricos”. Esse documento fornece um método de avaliação de simulação para um dispositivo semicondutor com parâmetros que geralmente são determinantes confiáveis, classificados em determináveis e em indetermináveis.

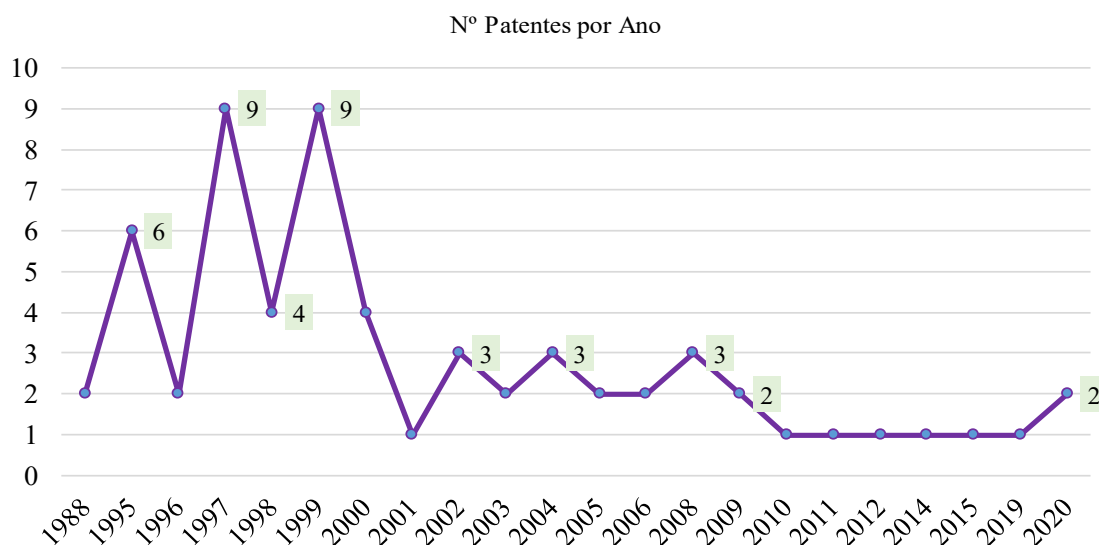
Conservando a aceleração dos depósitos patentários no ano de 1999, a patente JPH11135389(A), Semiconductor Simulation System, do inventor Kobayashi Mutsumi, se apresenta sendo requisitada pela empresa “Matsushita Electronics Corp.”, utilizando o código H01L29/00, na seção H – Eletricidade. Nesse invento, apresenta-se um sistema de simulação de semicondutores, o qual é constituído por uma porção de entrada de fluxo, que cria dados de fluxo de processos metodológicos industriais de semicondutores, consistindo em uma série de grupos de processos de fabricação.

No ano anterior, em 1998, nesse mesmo período de crescimento científico de depósitos, houve a patente JPH10106904 (A), na qual o inventor Takahashi Satoshi realiza uma simulação de dispositivo de processo semicondutor com alta precisão e em curto espaço de tempo em um simulador de dispositivo de processo semicondutor para fabricação. Essa tecnologia foi requerida pela empresa “Sony Corp.”.

Ainda no pico anual, destaca-se em 1999 a patente JPH11126897 (A), “Tatsumi Takaaki”, sob o código “H01L29/00”, sendo requerida pela empresa “Sony Corp.”, que foi a maior detentora de patentes no ano de 1999 com requisição de quatro patentes. Essa invenção fornece um dispositivo com um módulo de ajuste de entrada para preparação dos dados do processo, possui uma base de dados para armazenar os dados de entrada e o resultado calculado é obtido em um simulador para as respectivas condições e processamento.

Observa-se que a partir do ano de 1999, os depósitos caem drasticamente para quatro depósitos em 2000, e mais ainda nos anos subsequentes com apenas três documentos de patentes até 2008, continuando a desacelerar nos anos seguintes. Então, volta a ter uma pequena aceleração já em 2019 e em 2020 com dois documentos de patentes (Gráfico 3).

**Gráfico 3** – Distribuição anual por número de depósitos patentários por códigos da CIP



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

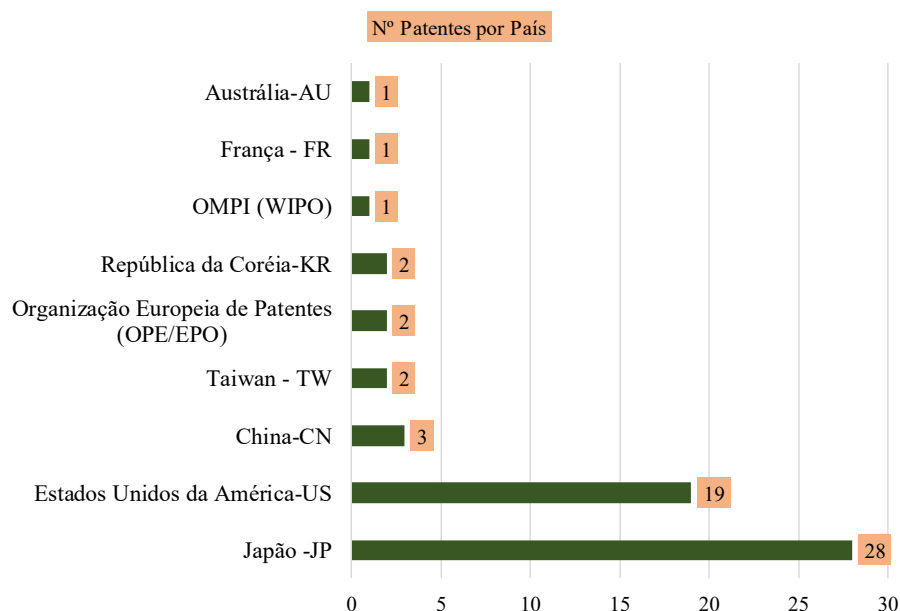


Quanto à distribuição dos depósitos por países, é possível identificar perfeitamente que o Japão – JP é o país com maior número de patentes, num total de 28, isso ocorre porque o Japão é o país que concentrava o maior número de tecnologias eletrônicas no início da era industrial eletrônica. Entretanto, houve um grande decaimento nesse setor industrial, o que possibilitou o desenvolvimento de um mercado mais sofisticado com novos equipamentos realçando características modernas. A corrida desenfreada por aparelhos eletrônicos fez com que as indústrias desenvolvessem novas tecnologias principalmente nos Estados Unidos e na China. Tais países ainda disputam a produção de matéria-prima para suas novas tecnologias eletrônicas industriais, abrindo novos campos na economia industrial.

Na sequência da pesquisa, destaca-se os Estados Unidos da América – US com 19 documentos de patentes, sendo este o país que concentra maior número de depósitos, tornando-se mais atrativo para melhorar a distribuição e as ofertas a nível mundial. É o que acontece com a patente US2014021370 (A1); “Aparelho de medição de micropartículas e método de análise de Micropartículas”, que foi requerida pela empresa Sony Corp. [JP], sob o código CIP – G01N21/64. O documento aponta a descrição da tecnologia eletrônica de um aparelho de medição de micropartículas, incluindo uma primeira fonte de luz indicada para irradiar luz de excitação em uma micropartícula, uma segunda fonte de luz para irradiar luz na partícula para transmitir uma imagem, além disso, possui um receptor de luz para detectar a fluorescência.

Em seguida, de longe aparece a China – CN, com três depósitos, e Taiwan – TW, com dois depósitos no início de sua jornada na tecnologia eletrônica, mas isso se deve, de forma restrita, ao interesse do estudo que seleciona especificamente o material semicondutor produzido por meio do agente microbiano: os fungos com aplicação na indústria de elétrons. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) aparece no mesmo patamar, apresentando dois depósitos de patentes como forma de melhor proteger a propriedade intelectual científica intangível. As demais seguem com apenas com uma patente como forma de melhor proteção e distribuição para aplicação industrial (Gráfico 4).

**Gráfico 4** – Distribuição dos depósitos de patentes por país na base Espacenet



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

A partir da seleção e da análise de patentes relacionadas a novas tecnologias eletrônicas, foi possível identificar que a grande maioria desses registros depositados está vinculada às empresas. Nesse cenário, atualmente, destaca-se a empresa Sony Corp. que possui um total de 12 depósitos de patentes desde 1955 e apresenta grande relevância no campo da inovação tecnológica, especialmente entre 1997 e 1999, período no qual foram requeridas diversas patentes relacionadas à aplicação industrial.

Após esse período, a empresa cresceu e implantou outras filiais a nível industrial, tornando-se um Grupo Corporativo, um conglomerado multimídia japonês que detém uma grande fortuna em investimentos econômicos. Um dos exemplos é o documento JP2004079655 (A), de 11 de março de 2004, “Equipamento e Método de Simulação de Semicondutores”, cujo inventor Kimura Misunori apresenta um aparelho que diminui o tempo de processos demorados e faz simulações de processos de uma pluralidade de transistores quando eles possuem eletrodos instalados de portas diferentes entre si em formato geométrico.

Ainda nessa corrente científica eletrônica, a empresa Sony Corp. com a patente JP2001044412 (A) – “Aparelho de Simulação de Semicondutores”, tendo como inventor Yoshitomi Kosuke, fornece uma opção que é constituída por um aparelho de simulação de semicondutores dotado de um meio de banco de dados, o qual calcula cada etapa subsequente e armazenada apenas suas diferenças para que os cálculos de simulação sejam reaproveitados.

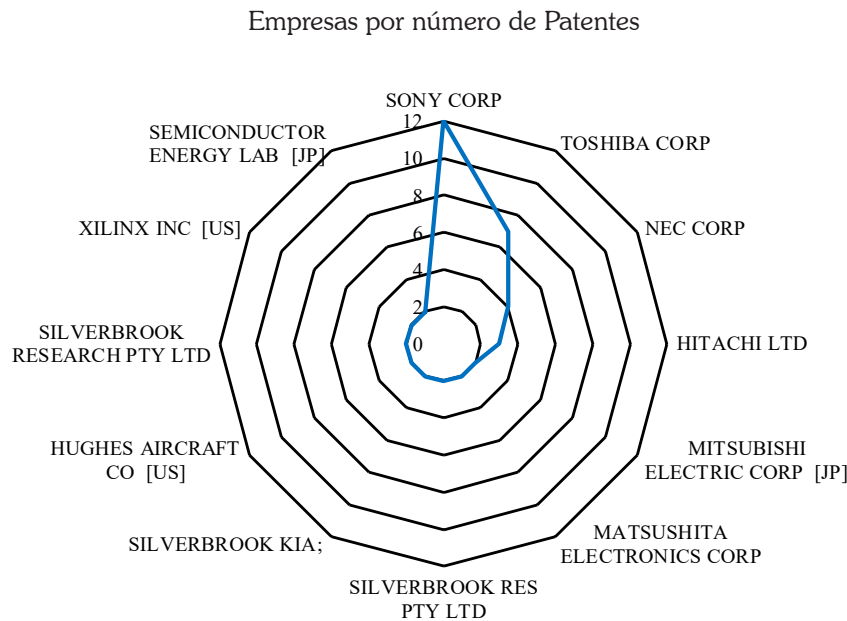
Observa-se que a empresa “Toshiba Corp.” obteve oito documentos patentários, e esta vem por meio do inventor Matsuzawa Kazuya sob a patente “Método de Simulação de Partículas”, “JPH09245018 (A)”, de 19 de setembro de 1997 com o código CIP – H01L21/66, com um resultado estável e, ao mesmo tempo, reduzindo o tempo de cálculo da simulação de partículas.

A empresa Nec Corp., também do Japão, obteve quatro depósitos de patentes, com depósito nos Estados Unidos no ano 2000, US6035115 (A), sendo seu inventor Suzuki Kyou, sob o código CIP “H01L29/00 que trata de eletricidade. Apresenta um equipamento de simulação de semicondutores equipado com um meio de armazenamento que realiza o cálculo da distribuição de impurezas de íons quando implantados.

Seguindo a pesquisa, foi encontrada a empresa Hitachi Ltda. com três depósitos de patentes, seus inventores são Okura Yasuyuki e Ihara Sthigeo, a patente é JP H0974194 (A) e possui um programa de simulação para facilitar a mudança de um modelo de técnica de análise de um programa para aplicação a um computador paralelo, e, para isso, utiliza grupos de módulos de programas.

Mais adiante, a empresa Silverbrook Research PTY Ltd. com depósito nos Estados Unidos, aparece com três depósitos com a patente “Memória de Sombra Resistente a Adulteração”, US2004227205 (A1), do inventor Walmsley Simon Robert. Esse invento se refere a circuito integrado, caracterizado pelo fato de que compreende um processador e uma memória, sendo que a memória armazena um conjunto de dados que representa o código do programa (Gráfico 5).

**Gráfico 5** – Distribuição por empresas detentoras das patentes



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Quanto à tendência dos depósitos de patentes identificados, observou-se que a maioria se concentra no setor empresarial, composto de indústrias e de laboratórios, os quais apresentam equipamentos e métodos inovadores. As demais empresas tiveram um menor registro tecnológico de patentes.

## 4 Considerações Finais

A pesquisa de prospecção científica de patentes mostrou que, nos anos de 1888 até o ano 2000, houve uma explosão de novas tecnologias no Japão, sendo esse país muito destacado na busca das palavras-chave que são interessantes para o trabalho em questão. A partir daí, caíram vertiginosamente os depósitos, e os Estados Unidos obteve uma boa parcela de atividades relacionadas ao registro de depósitos, ainda mais porque os inventores emergentes optaram por fazer o depósito nos EUA pelo fato de o país ter o maior atrativo econômico para a distribuição de aplicação nas indústrias.

Observa-se também que os documentos patentários antigos depositados foram de grande importância científica e estão no mercado até hoje, mesmo sendo aperfeiçoados, modernizados e oferecendo maior atrativo visual. Foi o que aconteceu com a empresa Sony, que teve seu tempo de glória com a fabricação de vários pequenos aparelhos. Essa empresa obteve a aprovação e atraiu seu uso ao consumidor, incentivando a economia. A companhia cresceu e se tornou uma das maiores fabricantes de eletrônicos em âmbito mundial.

Entretanto, houve um momento estacionário por parte das universidades no que tange aos estudos científicos eletrônicos relacionados às palavras-chave “Semicondutores, Fungos e Eletrônico”. É o que a pesquisa mostra com poucos documentos patentários em várias combinações. Com o período da pandemia, houve um aumento do uso de eletrônicos para comuni-

cação e trabalho, surgindo, assim, a necessidade de novas pesquisas de inovação para atender ao aumento do consumo com tecnologias mais estratégicas, sofisticadas, atuais e inovadoras, abrindo caminhos para uma bioeconomia ativa.

## 5 Perspectivas Futuras

Após uma análise dos documentos patentários, observa-se que, a nível mundial, atualmente houve um grande aumento do consumo de tecnologias eletrônicas, estas muito diversificadas para vários segmentos biotecnológicos, instrumentos e maquinários industriais, utilizando sensores e obtendo resultados em tempo real com Inteligência Artificial (IA).

Entretanto, após o ano 2000, notou-se um menor número de depósitos envolvendo as palavras-chave e, conseqüentemente, os códigos da Classificação Internacional de Patentes, com o estudo dos semicondutores e fungos, ficando com a fatia do mercado, cada vez mais ricas, as empresas antigas e seus segredos tecnológicos.

Tal fato oferece uma perspectiva quanto à possibilidade de mais estudos e de envolvimento científico entre as instituições universitárias com sua ciência tecnológica e as indústrias de produção. É urgente a atitude a ser tomada para fazer avançar tais interações para efetivar novos mecanismos de atividade, solidificando os estudos acadêmicos como base para o desenvolvimento industrial. Dessa forma, é possível obter a formação de mão de obra qualificada para geração de emprego e renda numa bioeconomia efetiva e sólida, como a produção de compostos moleculares semicondutores utilizados como pequenas lâminas miniaturizadas para produção de *chips*.

## Referências

BARBOSA, D. B. A nova regulamentação da licença compulsória por interesse público. **Revista da ABPI**, [s.l.], n. 67, 2003.

BURKACKY, O.; DE JONG, M.; DRAGON, J. Strategies to lead in the semiconductor world. **MGI**, [s.l.], v. 3, April, 2022.

FRIESKE, B.; STIELER, S. The “semiconductor crisis” as a result of the COVID-19 pandemic and impacts on the automotive industry and its supply chains. **World Electric Vehicle Journal**, [s.l.], v. 13, n. 10, p. 189, 2022.

GAO, T. *et al.* Preparation and Application of Microelectrodes at the Single-Molecule Scale. **Chemistry – An Asian Journal**, [s.l.], v. 16, n. 4, p. 253-260, 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Pesquisa de patentes**: um serviço prestado em cooperação com a IEP. 2024. Disponível em: <https://pt.espacenet.com/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GONÇALVES, Odete; QUINTELLA, Cristina Maria; TRIGUIS, Jorge Alberto (inventores). **Processo para Obtenção de Biossensor e Biossensor Bioativo Enzimático**. Brasil BR PI 1105934-6. Concedida pelo INPI-BR, 2022.

MOHAMMAD, W.; ELOMRI, A.; KERBACHE, L. The global semiconductor chip shortage: Causes, implications, and potential remedies. **IFAC – Papers on-line**, [s.l.], v. 55, n. 10, p. 476-483, 2022.

RODWELL, V. W. Catabolism of Proteins & Amino Acid Nitrogen. **Biomedical Importance**, [s.l.], n. 28, 2009.

SALMON, N.; BAÑARES-ALCÁNTARA, R. A global, spatially granular techno-economic analysis of offshore green ammonia production. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 367, p. 133045, 2022.

SCHWEICHER, G. *et al.* Molecular semiconductors for logic operations: dead-end or bright future? **Advanced Materials**, [s.l.], v. 32, n. 10, p. 1905909, 2020.

WANG, S.; LIU, X.; ZHOU, P. The road for 2D semiconductors in the silicon age. **Advanced Materials**, [s.l.], v. 34, n. 48, p. 2106886, 2022.

XIANG, C. *et al.* Perspective on the future of silicon photonics and electronics. **Applied Physics Letters**, [s.l.], v. 118, n. 22, 2021.

ZHENG, Y. *et al.* Molecular design of stretchable polymer semiconductors: current progress and future directions. **Journal of the American Chemical Society**, [s.l.], v. 144, n. 11, p. 4.699-4.715, 2022.

## Sobre os Autores

### Odete Gonçalves

E-mail: odegoncalves7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2428-9000>

Doutora em Biotecnologia Industrial pela Renorbio da Universidade Federal da Bahia em 2019.

Endereço profissional: 50.520.041 Inova Simples, Rua Visconde do Rosário, n. 3, Ed. Senador Dantas, sala 503, Comércio, Salvador, BA. CEP: 40015-050.

### Cristiane Carla Gonçalves

E-mail: criscarlag@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-5868-5607>

Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia em 2005.

Endereço profissional: 50.520.041 Inova Simples, Rua Visconde do Rosário, n. 3, Ed. Senador Dantas, sala 503, Comércio, Salvador, BA. CEP: 40015-050.

### Fúlvia Soares Campos de Sousa

E-mail: fulvia@ufba.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2779-5478>

Doutora em Biotecnologia Industrial pela Renorbio da Universidade Federal da Bahia em 2019.

Endereço profissional: 50.520.041 Inova Simples, Rua Visconde do Rosário, n. 3, Ed. Senador Dantas, sala 503, Comércio, Salvador, BA. CEP: 40015-050.

**Izamir Resende Junior Borges Miguel**

*E-mail:* izamir.resende.junior@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8402-8654>

Mestre em Farmácia pela Universidade Federal da Bahia em 2023.

Endereço profissional: 50.520.041 Inova Simples, Rua Visconde do Rosário, n. 3, Ed. Senador Dantas, sala 503, Comércio, Salvador, BA. CEP: 40015-050.