

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA



RELATÓRIO FINAL DE MONOGRAFIA I

**ESCASSEZ MUNDIAL DE SEMICONDUTORES: OS IMPACTOS NA
ECONOMIA BRASILEIRA**

Theodoro Parizzi Horta Araújo

Matrícula 1920619

Professor Orientador: Vinícius Carrasco

Rio de Janeiro, julho de 2022.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA



RELATÓRIO FINAL DE MONOGRAFIA I

**ESCASSEZ MUNDIAL DE SEMICONDUTORES: OS IMPACTOS NA
ECONOMIA BRASILEIRA**

"Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor"

Theodoro Parizzi Horta Araújo

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

Sumário

1. Introdução	5
2. Definição da Indústria de Semicondutores	6
3. Cenário Internacional da Indústria Pré Escassez	8
3.1. Distribuição Geográfica e Organização do Mercado	8
4. Cenário Brasileiro da Indústria Pré Escassez	10
4.1. Incentivos Governamentais e o Desenvolvimento do Setor	10
4.2. Unitec Semicondutores	12
5. A Escassez Mundial de Semicondutores	14
5.1. Características da Indústria	14
5.2. Demanda Aguda e Choques Externos	16
6. Cenário Internacional da Indústria Pós Escassez	18
7. Cenário Brasileiro da Indústria Pós Escassez	19
8. Dificuldades de Recuperação do Setor	20
9. Resiliência do Mercado para o Futuro	21
10. Conclusão	22

Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição geográfica das vendas do mercado de semicondutores 9

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABISEMI – Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento

CI's – Componentes Integrados

CNI – Confederação Nacional da Indústria

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PD&I – Pesquisa, desenvolvimento e Inovação

SAI – Semiconductor Industry Association

WSTS – World Semiconductor Trade Statistics

1. Introdução

Os semicondutores são componentes que possuem propriedades únicas e que demonstram ser extremamente úteis para a sociedade. A utilização desse tipo de material em aparelhos tecnológicos é imprescindível para o desempenho dos costumes da sociedade moderna. Sem estes semicondutores, a maioria dos aparelhos e utensílios que fazem parte da nossa rotina deixariam de existir. O papel deste material pode ser classificado como insubstituível, já que suas propriedades são extremamente específicas e definem boa parte do desenvolvimento tecnológico que alcançamos ao longo do tempo.

Durante o ano de 2020, porém, houve uma grande crise de semicondutores no mundo. Com o surgimento da COVID-19, o estilo de vida das pessoas sofreu adaptações significantes. Praticamente tudo passou a ser feito à distância, o que obrigava as pessoas ter sistemas e equipamentos em casa, que às proporcionassem algum meio de comunicação e de executar tarefas de trabalho de forma remota. Assim, cresceu, de maneira exponencial, a demanda por computadores, câmeras, laptops, dispositivos de internet, etc. que são dispositivos que necessitam de semicondutores para seu funcionamento. Como tal demanda passou a ser mais alta do que a capacidade produtiva da indústria, uma problemática com impactos extremamente importantes e perigosos para a economia mundial como um todo foi se gerando.

No Brasil, o mercado de semicondutores tem recebido cada vez mais atenção. Afinal, este tipo de indústria é fundamental para o funcionamento orgânico e desenvolvimento da cadeia produtiva de produtos eletrônicos. Existiram momentos marcantes na história deste setor, em que o desenvolvimento desta área foi incentivado tanto por investidores externos como também pelo governo brasileiro. Uma das iniciativas foi a criação de uma indústria chamada Unitec Semicondutores, que é classificada hoje em dia como um investimento fracassado. Porém, através da criação da Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (ABISEMI), o desenvolvimento da área está seguindo em frente.

Diante disso, será feita uma análise do contexto da indústria mundial de semicondutores pré escassez, e utilizaremos o cenário atual em efeito de comparação, para entender os impactos causados na economia brasileira como um todo, e chegar à conclusão do que podemos esperar deste mercado para o futuro.

2. Definição da Indústria de Semicondutores

Segundo a definição feita por Fillipin (2020), a indústria de semicondutores projeta e fabrica componentes semicondutores, que são componentes eletrônicos que exploram as propriedades elétricas e eletrônicas dos materiais semicondutores, predominantemente o silício. Esse tipo de material está presente em praticamente todos os eletrônicos que utilizamos atualmente, como microprocessadores, chips, nano circuitos, LEDs, entre outros.

Como são muitas as utilidades de um semicondutor, existem, também, diversas variações de negócio para tal setor. Diante disso, para o melhor entendimento do contexto causado pela escassez mundial deste material, precisamos entender quais são os tipos de negócio presentes dentro deste mercado e todas as etapas de produção envolvidas. Vamos pegar como referência as etapas de produção de um circuito integrado (FILIPPIN, 2020), que pode servir como representante de materiais semicondutores. Podemos verificar as etapas de produção deste componente a seguir:

- (i) concepção do produto, etapa na qual são definidas as funcionalidades do chip;
- (ii) projeto ou design do componente;
- (iii) fabricação do componente, ou front-end;
- (iv) teste, afinamento, corte e montagem do componente, ou back-end; e
- (v) oferecimento do serviço ao cliente.

A partir desta fragmentação de etapas de produção descritas acima, as empresas do setor podem adotar diversos modelos de negócio (FILIPPIN, 2020), tais como:

- Empresas integradas: realizam todas as etapas da produção do circuito integrado e o produto leva a sua marca. Exemplos: Intel Corporation (EUA), Samsung Electronics (Coréia do Sul), e a Micron Technology (EUA);
- Empresas *fabless*: realizam todas as etapas, exceto as que envolvem manufatura (etapa iii), que são terceirizadas. Exemplos: Qualcomm (EUA), a Broadcom (EUA) e AMD (EUA);

- Empresas *fablite*: realizam todas as etapas de produção de circuitos integrados em determinadas geometrias e terceirizam a fabricação de CI's em outras geometrias, geralmente menores e mais modernas. Exemplos: Texas Instruments (TI) (EUA), a NXP (Países Baixos), e a Infineon Technologies (Alemanha);
- Fabricantes dedicadas: Apenas a etapa de fabricação é realizada sob contratação de outras empresas. Exemplos: Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) (Taiwan), Globalfoundries (EUA) e UMC (Taiwan);
- Encapsuladoras: realizam uma ou mais fases da etapa de back-end; Exemplos: Advanced Semiconductor Engineering (ASE) (Taiwan), a Amkor Technology (EUA), e a Siliconware Precision Industries (SPIL) (Taiwan);

Além disso, é importante ressaltar que o potencial de produção dessas fábricas é medido em “*wafers*”, que é uma medida utilizada na eletrônica que corresponde a uma fina fatia de material semicondutor. Essa informação será crucial para compreensão de estatísticas presentes neste trabalho. Diante disso, estabelecida a definição da indústria de semicondutores e seus diferentes modelos de negócio, iremos analisar como o mercado se comportava anteriormente à escassez de semicondutores.

3. Cenário Internacional da Indústria de Semicondutores Pré Escassez

Antes mesmo à escassez, o mercado de semicondutores já era um setor altamente competitivo e em constante crescimento. De acordo com a Semiconductor Industry Association (2019), as vendas mundiais de semicondutores aumentaram de \$125,6 bilhões em 1998 para \$468,8 bilhões em 2018, uma taxa de crescimento composta de 6,81% ao ano.

Ademais, segundo a previsão da World Semiconductor Trade Statistics, de Outono de 2018, as expectativas de venda da indústria de semicondutores no mundo giravam em torno de \$490 bilhões em 2019 e \$506 bilhões em 2020.

No entanto, mesmo antes de enfrentar o período de escassez de semicondutores, esta indústria também já enfrentava desafios que influenciavam significativamente no mercado internacional como um todo.

3.1 Distribuição Geográfica e Organização do Mercado

A forma como o setor foi se organizando ao longo do tempo, trouxe inúmeros benefícios para este mercado. As divisões do processo de produção especificadas no capítulo anterior, por exemplo, são benéficas para o setor de várias maneiras. Primeiro, elas permitem que as empresas produzam componentes de alta qualidade de forma mais eficiente e econômica. Isso permite a redução de custos e aumenta a competitividade das empresas.

Além disso, essa fragmentação ajuda a garantir a qualidade e a confiabilidade dos produtos, o que pode ser importante para atender às exigências dos clientes e cumprir padrões de qualidade. Em suma, as separações dentro desse processo de produção da indústria de semicondutores aumentaram a eficiência e a qualidade dos produtos, tornando as empresas mais competitivas e atraindo mais clientes.

Apesar disso, a maioria das empresas que produzem semicondutores estão localizadas em apenas algumas regiões do mundo, como a Ásia. Este problema de concentração geográfica da indústria de semicondutores pode criar desigualdades e dificuldades para outros países que desejam entrar no mercado, bem como aumentar a dependência dessas regiões em relação aos semicondutores. Além disso, a concentração geográfica do mercado

pode tornar o setor vulnerável a problemas como interrupções na cadeia de suprimentos e aumento dos preços dos semicondutores.

De acordo com a Semiconductor Industry Association (2019), em 2001, o mercado da Ásia ultrapassou todos os outros mercados regionais em vendas, já que a produção de equipamentos eletrônicos foi transferida para a região. Desde então, ele se multiplicou em tamanho - de \$39,8 bilhões para mais de \$282 bilhões em 2018. De longe, o maior mercado de países dentro da região Ásia é a China, que representou 56% do mercado da Ásia e 34% do mercado global total, como ilustrado pela Figura 1. Esses dados refletem as vendas de semicondutores para fabricantes de equipamentos eletrônicos apenas - produtos eletrônicos finais contendo semicondutores são então enviados para consumo em todo o mundo.

Figura 1 – Distribuição geográfica de vendas do mercado de semicondutores
(\$bilhões)



Fonte: Semiconductor Industry Association (2019)

O crescimento do mercado de semicondutores na região da Ásia tem sido impressionante nos últimos anos, com a China se destacando como o principal país consumidor dentro da região.

4. Cenário Brasileiro da Indústria de Semicondutores Pré Escassez

O setor de semicondutores no Brasil cresceu significativamente ao longo dos anos, impulsionado por investimentos em pesquisa e desenvolvimento, infraestrutura e capacitação de mão de obra. O Brasil possui uma história rica neste setor, com a criação da primeira fábrica de semicondutores em 1969. Desde então, o setor se desenvolveu de forma constante, tornando-se cada vez mais competitivo internacionalmente.

De acordo com o BNDES (2021), as principais empresas fabricantes de semicondutores no Brasil são AData, Brasil Componentes, Cal-comp, HT Micron Semicondutores e Smart Modular Technologies.

- AData é uma empresa taiwanesa com uma planta brasileira que produz semicondutores de alta performance para fornecer para os principais fabricantes de eletrônicos e informática no país.
- Brasil Componentes é uma empresa 100% brasileira com capacidade para encapsular circuitos integrados semicondutores.
- Cal-comp Semicondutores é uma empresa do Kinpo Group que produz chips de memória para produtos como smartphones e smart TVs.
- HT Micron Semicondutores é uma empresa sul-coreana que fornece soluções avançadas em semicondutores, incluindo memórias e soluções de conectividade para a internet das coisas.
- Smart Modular Technologies é líder no design, fabricação e comercialização de semicondutores e circuitos integrados no Brasil.

4.1 Incentivos Governamentais e o Desenvolvimento do Setor

Incentivos governamentais podem ser cruciais para o crescimento de uma indústria. Esses incentivos podem ajudar a reduzir os custos de produção, aumentando a competitividade da indústria no mercado global, atrair investimentos estrangeiros, levando ao desenvolvimento de novas tecnologias e aumentando a eficiência da produção, e gerar empregos de alta qualidade, aumentando o salário médio da indústria.

Essas medidas foram implementadas no Brasil ao longo do tempo, trazendo impactos positivos. O governo investiu em políticas públicas para fomentar o crescimento dessa indústria no país, como o Programa de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento em Microeletrônica (ProMic), que, até hoje, tem como objetivo incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

De acordo com a ABISEMI, em 2015, o setor de semicondutores no Brasil já contava com um complexo tecnológico composto por mais de 20 empresas, o que exemplifica o crescimento da indústria no país. Essas empresas oferecem, produtos e serviços de elevado valor agregado e atuam em todo o processo de produção de componentes eletrônicos de alta tecnologia. A maioria dessas empresas é beneficiada pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores e Displays (PADIS), que reduz as alíquotas de tributos sobre a produção e venda de componentes semicondutores.

De acordo com a CNI (2021), houve um projeto de extensão do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) até 2029, já que a ampliação do o setor de semicondutores no Brasil tem sido impulsionado por investimentos significativos em infraestrutura, máquinas e equipamentos, ultrapassando a marca de 2,5 bilhões de dólares.

Além disso, mais de 600 milhões foram investidos em Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, de acordo com a CNI (2021), o que possibilitou a criação de laboratórios avançados, únicos no hemisfério sul. Esses investimentos geraram empregos de alta especialização, com média salarial 2,5 vezes superior à média da indústria. Além disso, o setor apresenta taxa de retorno de 180% para cada dólar investido, o que demonstra a alta rentabilidade do investimento no setor de semicondutores no Brasil. A indústria de semicondutores no Brasil também conta com aportes de cerca de R\$ 1,4 bilhão pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Programa CI-Brasil.

Portanto, dados os investimentos aplicados, fica nítido que a indústria de semicondutores é fundamental para o desenvolvimento tecnológico e econômico do país, e que os investimentos realizados contribuíram para o crescimento constante e sustentável do segmento. Contudo, é importante ressaltar que o investimento neste setor é muito custoso e

contém risco. Um exemplo concreto, que ilustra tal risco, é o investimento, por parte do governo, na empresa que se tornaria a maior fornecedora de semicondutores da América Latina, a Unitec.

4.2 Unitec Semicondutores

A Unitec Semicondutores foi uma empresa que foi originalmente idealizada no início dos anos 2000 com o objetivo de instalar uma indústria de semicondutores no Brasil. O projeto foi desenvolvido entre 2001 e 2002 pela empresa Tecnologia Infinita WS IN-TECS Ltda., que buscou atrair investidores. O governo federal e o estado de Minas Gerais ofereceram apoio imediato ao projeto. Em 2012, o projeto foi viabilizado com a entrada da IBM e de Eike Batista como investidores.

De acordo com Fillipin (2020), a composição acionária da Unitec Semicondutores incluía a EBX Holding Ltda., do empresário Eike Batista, com 33,02%; BNDESPar, com 33,02%; e a IBM, com 33,96%. O BNDES foi responsável por financiar a maior parte do investimento, cerca de R\$ 1,3 bilhão. A fábrica da Unitec Semicondutores foi construída em Santa Rita do Sapucaí, no estado de Minas Gerais, com capacidade para produzir cerca de 500 mil chips por mês.

Portanto, a Unitec Semicondutores seria importante para o Brasil porque poderia estabelecer uma indústria de grande porte e alta capacidade de produção de semicondutores no país, substituindo a necessidade de importação deste tipo de material. Tal iniciativa poderia gerar empregos e contribuir para o desenvolvimento econômico do país.

Infelizmente, apesar de ser uma iniciativa promissora, a Unitec Semicondutores foi uma tentativa frustrada. Em 2014, a empresa foi vendida para a chinesa Hefei Chang Xin Integrated Circuit para evitar a falência. A venda foi realizada por um valor simbólico de R\$ 1 e a Unitec Semicondutores foi rebatizada como Chang Xin Brazil Semiconductor Manufacturing. A fábrica foi fechada em 2017 devido a problemas operacionais e financeiros.

Assim, podemos concluir que o processo de desenvolvimento desse setor é crucial, porém demanda muito dinheiro e tempo. Os desafios para que o Brasil deixe de ser dependente de exportações de semicondutores são significantes e por conta disso não se pode

esperar que apenas com incentivo do governo o setor irá se desenvolver. É necessário investir em uma boa gestão, levando em conta todo o processo produtivo, desde a produção dos chips até a sua distribuição.

5. A Escassez Mundial de Semicondutores

De acordo com Kleinhans e Hess (2021), historicamente, o mercado de semicondutores é cíclico, passando por momentos de alta e baixa, onde períodos de crescimento são rapidamente seguidos por estagnação ou declínio. Uma razão para tal escassez é que os eletrônicos de consumo, como laptops, smartphones e tablets, e PCs para uso doméstico ou no escritório representam a maior parte da demanda global de semicondutores. A demanda por esses bens depende muito da situação econômica geral, e por isso é importante entender o contexto por trás desta indústria que acarretou na escassez de semicondutores.

5.1 Características da Indústria

Kleinhans e Hess (2021) afirmam que existem seis principais características, da indústria de fabricação de semicondutores, que definem seu funcionamento: A alta divisão do trabalho, alta intensidade de capital, alta intensidade de conhecimento, longos tempos de ciclo de fabricação, transnacionalidade e fortes efeitos de dependência.

- I. Alta divisão do trabalho: Essa é uma das características da cadeia de produção de semicondutores que afeta sua resiliência. Isso significa que a produção de chips é dividida em várias etapas e processos, cada um realizado por empresas diferentes em diferentes locais. Isso torna a produção altamente eficiente, mas também significa que qualquer problema em uma etapa do processo pode ter um impacto em várias outras etapas e empresas. Isso pode dificultar a resolução de problemas e aumentar a vulnerabilidade à interrupção da cadeia de suprimentos.
- II. Alta intensidade de capital: A fabricação de semicondutores é altamente intensiva em capital. A construção de uma fábrica moderna requer, aproximadamente, US\$ 20 bilhões em gastos de capital (VARAS et al., 2020). Para McKinsey (2020), esses gastos de capital extremamente altos para fabricação de ponta são uma das razões pelas quais o mercado foi fortemente consolidado nos últimos 20 anos. As únicas três empresas que ainda operam fábricas de ponta (TSMC, Samsung e Intel) representaram mais de 50% (US\$

59,4 bilhões) dos gastos globais de capital com semicondutores em 2020 (JEWELL, 2021).

- III. Alta intensidade de conhecimento: De todas as indústrias, as empresas de semicondutores têm um dos maiores gastos com pesquisa e desenvolvimento. Em 2020, a indústria de semicondutores gastou mais de 14% da receita neste quesito. (IC INSIGHTS, 2021). As empresas de design de chips, que terceirizam a fabricação, como Nvidia, AMD e MediaTek, normalmente investem cerca de 20 a 25% de sua receita em P&D. No entanto, a fabricação de semicondutores também depende de um amplo conhecimento do processo com base em décadas de experiência e trabalhadores qualificados (KLEINHANS, 2021).
- IV. Longos tempos de ciclo de fabricação: A produção de um único chip requer até 1.500 etapas, cada uma baseada em centenas de variáveis. Algumas etapas do processo durante a fabricação de wafers, são repetidas centenas de vezes, dependendo do chip específico (VARAS et al., 2021). No total, a produção de um semicondutor pode levar mais de 6 meses (YINUG, 2021). Conseqüentemente, a indústria é caracterizada pelo planejamento de longo prazo com os clientes fazendo seus pedidos com bastante antecedência.
- V. Transnacionalidade: Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul, Taiwan, União Europeia, China e vários países do Sudeste Asiático desempenham papéis críticos na cadeia de valor de semicondutores. Nenhuma região é capaz de obter todos os insumos necessários e executar todas as etapas do processo internamente, segundo Kleinhans e Baisakova (2021).
- VI. Fortes efeitos de dependência: Para esta indústria, ter conexões estreitas dentro do ecossistema é essencial para desenvolver produtos competitivos. No entanto, isso, por sua vez, cria fortes efeitos de dependência entre as empresas, dificultando a troca de fornecedores ou fabricantes. Um exemplo são os bloqueios entre fábricas, equipamentos de fabricação e produtos químicos. Os equipamentos de fabricação podem funcionar melhor com produtos químicos de um fornecedor específico devido a uma colaboração de P&D, tornando

improvável que as fábricas troquem de fornecedores de equipamentos por medo de interromper o processo de produção (KLEINHANS, HESS, 2021).

Tomando estas características como base para um bom funcionamento da indústria, será mais fácil interpretar as causas da escassez de semicondutores vivida nos dias atuais. Afinal, tais características são tarefas complexas de serem alcançadas, e isso implica significativamente no futuro da indústria e em sua retomada para os patamares anteriores tanto de receita quanto de crescimento.

5.2 Demanda Aguda e Choques Externos

De acordo com Kleinhans e Hess (2021), a produção em larga escala de semicondutores foi interrompida não só por conta de uma escassez distinta. Após a pandemia, o Brasil esteve enfrentando múltiplas escassezes em diferentes etapas de processamento e insumos na cadeia de suprimentos. A combinação das características da indústria, explicadas no subcapítulo 5.1, com a alta demanda e choques externos, como desastres naturais e lockdowns, levou à interrupção da cadeia de valor global de semicondutores. É importante entender essas características e como elas interagem para avaliar como e por que a cadeia de valor foi interrompida. A indústria de semicondutores é suscetível a esses tipos de choques externos não apenas por causa dos longos tempos de ciclo de fabricação, mas também por causa de duas dinâmicas adicionais.

Uma delas é o longo ciclo de produção de um *wafers*. Afinal, a sua fabricação leva em média 12 semanas ou mais para ser produzida. Portanto, uma única queda de energia ou uma pequena falha no sistema podem gerar uma perda de produção de 12 semanas.

Além disso, a alta concentração geográfica também afeta o setor significativamente. De acordo com Kleinhans e Baisakova (2021), a fabricação de chips, especialmente fabricação de *wafers* de ponta e capacidade de back-end (montagem, teste e embalagem), é relativamente concentrada. Por exemplo, a Coreia do Sul (Samsung) e Taiwan (TSMC) respondem por 75% da capacidade global de produção de fundição. Essa alta concentração geográfica aumenta o risco de interrupções na cadeia de suprimentos em caso de desastre natural (terremoto, tsunami, inundação, seca, etc.) um desafio não apenas em períodos de demanda em alta, mas também em caso de choque externo (RUEHL, HILLE, 2021).

A alta intensidade de conhecimento, também é um fator significativo. A demanda disparada e os choques externos foram altamente perturbadores por causa da dinâmica dentro da cadeia de produção de semicondutores. Altas barreiras de entrada no mercado, a necessidade econômica de altas taxas de utilização de fábricas e fontes limitadas em toda a cadeia resultaram no aumento repentino da demanda que interrompeu substancialmente a produção em larga escala.

Assim, de acordo com a hipótese de Kleinhans e Hess (2021), o que os clientes e os mercados estão experimentando atualmente como escassez de semicondutores é, na verdade, múltiplas faltas acontecendo simultaneamente em diferentes etapas do processo e mercados fornecedores com base em uma infinidade de dinâmicas e dependências. Mais importante ainda, é improvável que algumas dessas dinâmicas mudem no futuro porque são características inerentes a essa cadeia de produção.

6. Cenário Internacional da Indústria Pós Escassez

De acordo com a publicação da Deloitte (2022), o setor de semicondutores deveria atingir cerca de US\$ 600 bilhões em 2022. É interessante ressaltar que o crescimento apontado no subcapítulo 4.1, que seguia uma margem de 6,81% de taxa de crescimento, projetava cerca de R\$ 578 milhões caso mantivesse tal taxa. O que se enquadra nos parâmetros de projeção de 2022 de acordo com a estimativa de Deloitte (2022).

Além disso, seguindo a análise da Deloitte (2022), a escassez de chips nos últimos dois anos resultou em perdas de receita de mais de US\$ 500 bilhões em todo o mundo entre o setor de semicondutores e suas indústrias clientes. Um exemplo claro é na perda de vendas de automóveis de mais de US\$ 210 bilhões em 2021.

Embora este ainda seja um setor pequeno em comparação com a indústria agrícola, de petróleo e gás, que valem US\$ 10 trilhões e US\$ 5 trilhões em receita, respectivamente, 80% da comida ou combustível do mundo não vêm de poucos fabricantes concentrados em apenas alguns países, como a indústria de semicondutores. Em vários mercados finais, a falta de um único chip crítico, que muitas vezes tem um custo de menos de um dólar, pode impedir a venda de um dispositivo que vale dezenas de milhares de dólares. Ainda, de acordo com KPMG (2022), com as cadeias de suprimentos lutando para atender à demanda, muitos profissionais da indústria acreditam que a escassez de chips se estenderá até 2023, o que continuaria afetando os mercados finais em todo o mundo. Apesar dos desafios nas cadeias de suprimentos, a confiança no potencial de crescimento da indústria nunca foi maior.

A publicação feita pela Deloitte (2022), também aponta que indústria global de semicondutores está comprometida em aumentar sua capacidade de produção total em um nível sem precedentes. As despesas de capital dos principais *players* provavelmente ultrapassarão US\$ 200 bilhões de 2021 a 2023. Os governos comprometeram centenas de bilhões de dólares a mais. É esperado que a produção global de wafers seja até 50% maior até o final de 2023 do que era em 2020. Provavelmente esse aumento de produção ocorrerá nos polos tradicionais de fabricação localizados em Taiwan e Coreia do Sul, mas cada vez mais será distribuído mundialmente, em países como Estados Unidos, China, Japão, Singapura, Israel e Europa - uma tendência conhecida como "*localization*" - aumentando a produção de chips mais próxima do próximo passo na cadeia de suprimentos.

7. Cenário Brasileiro da Indústria Pós Escassez

No Brasil, o principal impacto da falta desses componentes tem sido na produção de veículos. De acordo com um estudo da BCG divulgado pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), a indústria automotiva brasileira deixou de produzir cerca de 120 mil veículos no primeiro semestre deste ano devido à falta de chips. O problema pode resultar em uma perda global de produção de 5 a 7 milhões de veículos em 2022 (BNDES, 2021).

Diversos fabricantes de semicondutores têm anunciado que deverão aumentar sua capacidade de produção por meio da construção de fábricas mais diversificadas. Porém, esse processo só deverá ser concluído em dois ou três anos, dadas as características tecnológicas envolvidas.

Enquanto isso, a escassez de chips continua sendo um desafio para a indústria automotiva brasileira, prejudicando a produção e o crescimento do setor. É importante que sejam tomadas medidas para resolver esse problema e garantir a continuidade da produção de veículos no país.

8. Dificuldades de Recuperação do Setor

Por mais que exista, atualmente, a retomada do crescimento exponencial da indústria de semicondutores – que não deixou de crescer, porém não como o esperado anterior à escassez – ainda há diversos obstáculos que dificultam a recuperação plena do setor. Como exemplo, temos o levantamento feito por Kleinhans e Hess (2021), que discute como a busca pelo alto uso das fábricas de chips e o resultado das expansões de capacidade conservadoras devido à demanda flutuante e incerta têm levado a ciclos de alta e baixa no mercado de semicondutores.

Kleinhans e Hess (2021) destacam outra dificuldade, que embora seja possível e recomendável diversificar fontes e concentração geográfica, o tempo de ciclo de produção é uma característica estrutural da produção de semicondutores e não pode ser alterado. Além disso, também enfatizam que que adicionar capacidade de produção sozinha não é uma estratégia bem-sucedida para tornar a cadeia de suprimentos mais resiliente e ágil diante de aumentos súbitos na demanda.

Este mesmo argumento também é apontado por Burkacky et al. (2022), que menciona que a construção de novas fábricas e a expansão da produção de semicondutores são extremamente caras e demoradas, o que dificulta o aumento rápido da produção de semicondutores para atender à demanda. O artigo em questão também fala sobre como aumentar a capacidade pode ajudar, mas geralmente requer um investimento significativo e leva anos antes que receitas adicionais possam aparecer.

9. Resiliência Mercado para o Futuro

Para analisar o futuro desta indústria, a Accenture (2021) dissertou sobre como as empresas de semicondutores e aquelas que dependem de chips podem fortalecer suas cadeias de suprimento para lidar com futuros desafios. Isso inclui conhecer seus concorrentes de suprimento, repensar suas redes de suprimento e localização e considerar novas tecnologias. É importante identificar e considerar os concorrentes de suprimento em todo o ecossistema, diversificar fornecedores e investir em capacidade de produção, bem como considerar novas tecnologias como a produção de semicondutores em 3D.

Além disso, como foi levantado por Burkacky et al. (2022), na seção "Expanding focus on leading-edge chips", o autor sugere que as empresas de semicondutores podem aumentar suas receitas e produtividade ao se concentrarem em chips de ponta, ou seja, aqueles que utilizam as tecnologias mais avançadas e inovadoras. Isso inclui a produção de chips com tamanhos menores, o que permite maior desempenho e eficiência. Além disso, a produção de chips de ponta pode permitir que as empresas atendam às demandas de clientes em setores que exigem alta capacidade de processamento, como a inteligência artificial e a nuvem. Ao se concentrar nesses chips, as empresas de semicondutores também podem se diferenciar da concorrência e criar uma vantagem competitiva. No entanto, é importante notar que a produção de chips de ponta é um investimento de longo prazo e pode exigir grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Também é levantado por Burkacky et al. (2022) o tamanho da importância de investimentos a longo prazo em pesquisa e desenvolvimento em uma base sólida de talentos no setor, para que as empresas possam continuar a inovar e se adaptar às mudanças do mercado. Além disso, o autor destaca a necessidade de colaboração dentro do ecossistema de semicondutores, incluindo a cooperação com clientes, fornecedores e parceiros. Isso pode ajudar a garantir que as empresas estejam preparadas para enfrentar desafios futuros, como a atual escassez de chips.

10. Conclusão

Após uma análise do contexto da indústria mundial de semicondutores e dos impactos causados pela escassez deste tipo de material, pode-se concluir que a indústria é fundamental para o desenvolvimento da cadeia produtiva de produtos eletrônicos e, portanto, para a economia brasileira. O investimento em pesquisa e desenvolvimento nesta área é essencial para que o país consiga se tornar competitivo e alcançar níveis de produção e tecnologia mais avançados.

Além disso, é importante que o governo e o setor privado trabalhem em conjunto para criar estratégias que permitam o crescimento sustentável desta indústria. Isso pode incluir incentivos fiscais, parcerias com empresas estrangeiras e investimentos em infraestrutura. Com o aumento da competitividade e da capacidade produtiva, o país pode se tornar um player importante neste mercado globalizado.

Outra estratégia importante é a diversificação da cadeia produtiva, buscando atender a diferentes segmentos da indústria de semicondutores e não depender apenas de um único tipo de produto. Isso permitirá que o país tenha uma oferta mais ampla de produtos e possa atender a diferentes demandas, o que aumentará a sua resiliência em momentos de crise.

Em resumo, o Brasil, apesar de ter sido fortemente afetado pela escassez, principalmente no setor de produção de veículos, possui um potencial enorme para se desenvolver na indústria de semicondutores, mas é preciso investir em pesquisa e desenvolvimento, trabalhar em conjunto com o setor privado e diversificar a cadeia produtiva para alcançar o sucesso neste mercado, dado que pode se tornar um player ainda mais significativo futuramente.

Bibliografia

- [1] ACCENTURE, 2021. THE LONG view of the chip shortage: Building resiliency in semiconductor supply chains. Accenture, p. 1-20, 1 dez. 2021. Disponível em: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-159/Accenture-The-Long-View-Of-The-Chip-Shortage.pdf. Acesso em: 11 dez. 2022.
- [2] A SYSTEM Dynamics Model of the Semiconductor Industry Development in Taiwan. Palgrave Macmillan Journals on behalf of the Operational Research Society, v. 56, n. 10, p. 1-11, 1 out. 2005. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/pdf/4102231.pdf?refreqid=excelsior%3Af23b1d0142768d30651fcf137ea2d971&ab_segments=&origin=&acceptTC=1.
- [3] BNDES, 2021. “PLANO DE AÇÃO: PRODUÇÃO DE COMPONENTES SEMICONDUTORES NO BRASIL.” Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/setor-automotivo/PlanoBrasilSemicondutores.pdf>.
- [4] BURKACKY, Ondrej; DE JONG, Marc; DRAGON, Julia. Strategies to lead in the semiconductor world. McKinsey & Company Website, 15 abr. 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/strategies-to-lead-in-the-semiconductor-world>. Acesso em: 11 dez. 2022.
- [5] CNI, 2021. NOTA DE APOIO À APROVAÇÃO DO PL N° 3.042 DE 2021. Disponível em: https://www.abisemi.org.br/abisemi/arquivosUpload/0C2EFD18C607F8ED.042_2021.pdf
- [6] DELOITTE, 2022. 2022 semiconductor industry outlook. Deloitte, 1 jan. 2022. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology-media-telecommunications/us-tmt-2022-semiconductor-outlook.pdf>.
- [7] FILIPPIN, Flávia. 37° Prêmio BNDES de Economia. Orientador: André Martins Biancarelli. 2020. 444 p. TCC (Mestrado) - Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/19660/1/Premio37_Mestrado.pdf.

- [8] IC INSIGHTS. 2021. “Industry R&D Spending To Rise 4% After Hitting Record in 2020”. <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Industry-RD-Spending-To-Rise-4-After-Hitting-Record-In-2020/>.
- [9] JEWELL, Bill. 2021. “Semiconductor CapEx Strong in 2021”. SemiWiki. <https://semiwiki.com/semiconductor-services/300449-%ef%bb%bf-semiconductor-capex-strong-in-2021/>.
- [10] KLEINHANS, Jan-Peter; HESS, Julia. Understanding the global chip shortages: Why and how the semiconductor value chain was disrupted. Stiftung Neue Verantwortung. 1 nov. 2021. Disponível em: https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/understanding_the_global_chip_shortages.pdf. Acesso em: 5 set. 2022.
- [11] KLEINHANS, Jan-Peter. 2021. “The Lack of Semiconductor Manufacturing in Europe: Why the 2nm Fab is a Bad Investment”. Stiftung Neue Verantwortung. https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/eu-semiconductor-manufacturing.april_.2021.pdf.
- [12] KLEINHANS, Jan-Peter and BAISAKOVA, Nurzat. 2020. “The global semiconductor value chain: A technology primer for policy makers“. Stiftung Neue Verantwortung. <https://www.stiftung-nv.de/de/publikation/global-semiconductor-value-chain-technology-primer-policy-makers>.
- [13] KPMG, 2022. Global Semiconductor Industry Outlook 2022: Financial and operational confidence surges to an all-time high despite supply chain challenges. Disponível em: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/co/sac/pdf/2022/04/global-semiconductor-industry-outlook-2022.pdf>.
- [14] MCKINSEY. 2020. “Semiconductor design and manufacturing: Achieving leading-edge capabilities”. <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>
- [15] RUEHL, Mercedes and HILLE, Kathrin. 2021. “South-east Asia’s Covid surge poses latest blow to global chip supply”. Financial Times. <https://www.ft.com/content/7b678988-53d1-4a52-8866-28f109e88d79>.

- [16] SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION, 2019. Disponível em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2019/05/2019-SIA-Factbook-FINAL.pdf>.
- [17] VARAS, Antonio; VARADARAJAN, Raj; GOODRICH, Jimmy; and YINUG, Falan. 2020. “Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing”. Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association. <https://www.bcg.com/publications/2020/incentives-and-competitiveness-in-semiconductor-manufacturing>
- [18] VARAS, Antonio; VARADARAJAN, Raj; GOODRICH, Jimmy; and YINUG, Falan. 2021. “Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era“. Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/04/SIA-BCG-Report_Strengthening-the-Global-Semiconductor-Supply-Chain_April-2021.pdf.
- [19] YINUG, Falan. 2021. “Chipmakers Are Ramping Up Production to Address Semiconductor Shortage. Here’s Why that Takes Time”. Semiconductor Industry Association. <https://www.semiconductors.org/chipmakers-are-ramping-up-production-to-address-semiconductor-shortage-heres-why-that-takes-time/>.