



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Leonardo Soares Ferreira

O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES EM
TAIWAN: DA GUERRA FRIA À DISPUTA SINO-AMERICANA

Rio de Janeiro

2024

Leonardo Soares Ferreira

O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES EM
TAIWAN: DA GUERRA FRIA À DISPUTA SINO-AMERICANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia da Indústria e da Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Aguiar de Medeiros

Rio de Janeiro
2024

Ficha catalográfica

F383d Ferreira, Leonardo Soares.

O desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan: da guerra fria à disputa sino-americana / Leonardo Soares Ferreira. – 2024.

115 f.

Orientador: Carlos Aguiar de Medeiros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e da Tecnologia, 2024.

Bibliografia: f. 106 - 115.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária: Luiza Hiromi Arao CRB/7 – 6787

Biblioteca Eugênio Gudín/CCJE/UFRJ

Leonardo Soares Ferreira

O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES EM
TAIWAN: DA GUERRA FRIA À DISPUTA SINO-AMERICANA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Economia da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como requisito para a obtenção do título
de Mestre em Economia da Indústria e da
Tecnologia.

Rio de Janeiro, 22 de janeiro de 2024.

Prof. Dr. Carlos Aguiar de Medeiros - Orientador
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Dr. José Eduardo Cassiolato – Membro Interno
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Esther Majerowicz – Membro Externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

AGRADECIMENTOS

A tarefa de registrar agradecimentos é sempre desafiadora, afinal incontáveis pessoas cruzaram meu caminho e deixaram marcas que, de alguma forma, estão refletidas neste trabalho. Mas o primeiro passo é lembrar daqueles que nos antecederam, pois, evidentemente, a presente dissertação não é resultado apenas de um esforço individual.

Compreendo este trabalho como uma pequena parte de uma longa tradição que se afirmou no IE/UFRJ. Portanto, começo agradecendo ao Instituto de Economia que tem sido uma segunda casa desde 2015. Agradeço alguns professores que, durante o mestrado, provocaram importantes reflexões. Como Ricardo Bielchowsky, Carlos Pinkusfeld e Eduardo Pinto.

Naturalmente, não poderia deixar de agradecer ao meu orientador o Prof. Carlos Medeiros pela paciência e interesse na minha pesquisa..

Deixo o agradecimento a CAPES pelo financiamento e o desejo que o Brasil seja capaz de se organizar para enfrentar o fiscalista que assola a ciência brasileira há tanto tempo.

Também deixo um agradecimento aos cada vez mais velhos amigos Arruda, Jair, Dias, Buck, Breno e tantos outros. Não poderia deixar de mencionar meu amigo Wallace Lopes Espaçoólogo, sem ele dificilmente teria decidido ingressar no mestrado.

Agradeço à minha mãe (Regina), meus irmãos (Gerson e Isabela) e, em especial, ao meu irmão gêmeo Guilherme com quem divido a vida e o interesse pela economia crítica. Por fim, agradeço a minha namorada Tamyres por todo o carinho e paciência que tornaram menores as dificuldades encontradas.

“In economic theory the conclusions are sometimes less interesting than the route by which they are reached.” (Sraffa, 1975)¹

¹ Citação retirada da carta de Piero Sraffa enviada para C. P. Blich. As cartas e outros arquivos pessoais de Sraffa podem ser acessados em: <https://archives.trin.cam.ac.uk/index.php/papers-of-piero-sraffa-1898-1983-economist>

RESUMO

Os semicondutores são componentes eletrônicos, geralmente fabricados de silício, que exploram a capacidade de condução dos materiais semicondutores e são essenciais no processamento, armazenamento e transmissão de dados. Devido a essa capacidade, a indústria se tornou a base da economia moderna, estando presente em praticamente todos os bens de consumo e de capital. Nesse sentido, o salto qualitativo na indústria eletrônica e na infraestrutura de telecomunicações foi possibilitado pelo avanço das tecnologias da indústria de semicondutores, que sustentam o desenvolvimento de tecnologias de fronteira. A indústria 4.0, por exemplo, depende de tecnologias como a inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), manufatura digital; computação em nuvem; Big Data; robôs autônomos; comunicação sem fio e banda larga (5G, 4G) e tecnologias de virtualização. Além disso, os semicondutores, também, se tornaram vitais para as questões militares. Como resultado, os principais sistemas e plataformas de defesa avançados agora dependem de semicondutores para seu desempenho e operação. Portanto, dominar os avanços e garantir o acesso à indústria de semicondutores equivale a obter vantagens militares e domínio na fronteira tecnológica. Essa crescente importância dos semicondutores para a economia global fez de Taiwan um território estratégico, afinal a ilha domina a fabricação de chips, especialmente aqueles com maior conteúdo tecnológico. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é demonstrar como a evolução da indústria de semicondutores em Taiwan foi condicionada pelas ações dos Estados nacionais e pela dinâmica da política internacional, colocando Taiwan em uma posição estratégica na economia global. A pesquisa se dá no campo descritivo-explicativo. Portanto, parte da resposta é construída por meio de pesquisa bibliográfica, não apenas em relação às tecnologias de semicondutores, mas também em relação à Economia Política desse setor. Além disso, como o foco está nas relações entre Estados, mercados e na dinâmica da política internacional, o objetivo da pesquisa é alcançado por meio do levantamento de documentos oficiais relacionados aos semicondutores, incluindo fontes primárias de governos, empresas e associações do setor. Os resultados dessa pesquisa apontam que o êxito da manufatura de chips em Taiwan dependeu da atuação do seu Estado Desenvolvimentista e da criação do modelo *Foundry*. Ademais, esse avanço foi possível, em grande medida, por mudanças no cenário internacional, em especial, o impacto da guerra fria na Ásia que colocou Taiwan no grupo de “convidados ao desenvolvimento” e à internacionalização fragmentada da produção. Como consequência desse processo, economia global passou a depender da capacidade taiwanesa de manufatura de chips avançados, segmento dominado pela taiwanesa TSMC. Com isso, Taiwan está no meio do conflito tecnológico entre a China e os EUA, de modo que o êxito da estratégia norte-americana passa por limitar o acesso chinês à TSMC.

Palavras-chave: Indústria de semicondutores. Taiwan. Disputa tecnológica. Desenvolvimento tecnológico. Circuitos integrados. TSMC

ABSTRACT

Semiconductors are electronic components, typically made of silicon, that exploit the intermediate conductivity of semiconductor materials and are essential in the processing, storage, and transmission of data. Due to this capability, the industry has become the foundation of the modern economy, being present in virtually all consumer and capital goods. In this sense, the qualitative leap in the electronics industry and telecommunications infrastructure has been made possible by the advancement of semiconductor industry technologies, which underpin the development of cutting-edge technologies. Industry 4.0, for example, relies on technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), digital manufacturing, cloud computing, Big Data, autonomous robots, wireless communication, broadband (5G, 4G), and virtualization technologies. Furthermore, semiconductors have also become vital for military matters. As a result, the primary advanced defense systems and platforms now depend on semiconductors for their performance and operation. Therefore, mastering advancements and ensuring access to the semiconductor industry equate to obtaining military advantages and dominance in the technological frontier. The growing importance of semiconductors for the global economy has made Taiwan a strategic territory, as the island dominates the manufacturing of chips, especially those with higher technological content. In this regard, the aim of this work is to demonstrate how the evolution of the semiconductor industry in Taiwan has been conditioned by the actions of nation-states and the dynamics of international politics, placing Taiwan in a strategic position in the global economy. The research takes place in the descriptive-explanatory field. Therefore, part of the answer is built through bibliographic research, not only related to semiconductor technologies but also regarding the Political Economy of this sector. Moreover, as the focus is on the relationships between states, markets, and the dynamics of international politics, the research objective is achieved through a survey of official documents related to semiconductors, including primary sources from governments, companies, and industry associations. The results of this research indicate that the success of chip manufacturing in Taiwan depended on the actions of its Developmental State and the creation of the Foundry model. Furthermore, this progress was largely influenced by changes in the international landscape, particularly the impact of the Cold War in Asia, which placed Taiwan in the group of 'development invitees' and led to the fragmented internationalization of production. As a consequence of this process, the global economy has come to rely on Taiwan's capacity for advanced chip manufacturing, a segment dominated by the Taiwanese company TSMC. Consequently, Taiwan finds itself in the midst of the technological conflict between China and the USA, with the success of the American strategy depending on limiting Chinese access to TSMC.

Keywords: Semiconductor industry. Taiwan. Tech War. Technological development. Integrated circuits. TSMC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gastos com P&D, Capital e valor adicionado por etapa de produção da indústria de semicondutores (2019).....	25
Figura 2 - Participação regional nas vendas globais (Bilhões US\$) por continente (1986-2020)	28
Figura 3 - Origem geográfica da demanda dos semicondutores (2019).....	30
Figura 4 - Perfil da Demanda por uso final (2019)	31
Figura 5 - Valor adicionado por região (2019)	32
Figura 6 - Capacidade de produção dos CI's por Região (2019).....	33
Figura 7 - Classificação do DoD sobre os semicondutores de acordo com o tamanho do nódulo	36
Figura 8 - Percentual do IED de Taiwan em direção a China sobre o IED total de Taiwan (1991-2022)	65
Figura 9 - Exportações em US\$ de Taiwan para EUA, China e Hong Kong (1989-2021).....	66
Figura 10 - Importações percentuais de Taiwan para EUA, Japão, China e Hong Kong (1989-2021)	67
Figura 11 - Gastos com P&D e Investimento como percentual da receita total das foundries taiwanesas (2002-2022)	79
Figura 12- Percentuais da Receita na Indústria de Semicondutores de Taiwan: Comparação entre Fabricação e modelo Foundry (2002-2022)	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cadeia Produtiva de um CI e Modelos de Negócio.....	24
Quadro 2 - Número de transistores em processadores Intel de 1970-2010	35
Quadro 3 - Spin-offs do ITRI entre 1980 e 1990.....	72
Quadro 4 - Último slide da apresentação de Morris Chang para o Primeiro-Ministro de Taiwan sobre o modelo de negócios da fundição.....	73
Quadro 5 - Gap tecnológico de Taiwan medido pelo tamanho dos nódulos em micrômetros (1975-1995).....	75
Quadro 6 - Relações da TSMC nos segmentos de EDA, Propriedade Intelectual de Silício (IP) e Kits de design de processo	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação regional nas vendas da Indústria de Semicondutores	29
Tabela 2 - Taxas médias de crescimento por década: Taiwan (1950-2010).....	64
Tabela 3 – FBKF como porcentagem do PIB e o Percentual da FBKF público (inclusive estatais) sobre a FBKF total em Taiwan (1950-2010)	64
Tabela 4 - Composição geográfica das Exportações e Importações de semicondutores de Taiwan (2020).....	86
Tabela 5 - Market share global da manufatura de semicondutores (2020, 2021).....	86
Tabela 6 - Composição das Vendas da TSMC e UMC por tecnologia (2020).....	86
Tabela 7 - Vendas da TSMC e UMC por região (2020)	87

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1. A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES: DEFINIÇÃO, APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS	22
1.1. Visão geral da indústria de semicondutores.....	22
1.1.1. Definição da indústria de semicondutores	22
1.1.2. Distribuição geográfica e visão geral da indústria	27
1.2 Tendências e usos tecnológicos, econômicos e militares	33
1.2.1 A lei de Moore	34
1.2.2. A “indústria 4.0”	37
1.2.3. Usos militares e cibersegurança nacional	40
CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO E ESTADO NA ECONOMIA DE TAIWAN	44
2.1. Notas teóricas sobre a instituições, desenvolvimento e as explicações dos “milagres” no leste asiático	44
2.2. O Estado desenvolvimentista taiwanês (1950-2020)	47
2.2.1. Industrialização guiada pelo estado (1950-1970).....	47
2.2.2. 1990-2010 – A economia taiwanesa após o “milagre” e a orientação lenta ao “mercado”	60
2.3. Transformação estrutural, o setor público e as relações econômicas com a China e EUA ..	63
CAPÍTULO 3. DESENVOLVIMENTO E A GEOPOLÍTICA DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES EM TAIWAN	68
3.1. O desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan dos anos 60 até a década de 90	69
3.2. A expansão da indústria de semicondutores no século XXI.....	78
3.3. As restrições de exportações à China e a indústria de semicondutores em Taiwan	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	106

INTRODUÇÃO

No fim dos anos 70, com o advento do neoliberalismo e o fim da “*Golden age*”, o papel do Estado passou a ser reduzido e atacado. A caricatura criada seria a de um peso morto, onerando a sociedade e o setor privado, este dinâmico e inovador. No ocidente, este processo viveu seu auge nos anos 90 quando boa parte da periferia do capitalismo, em especial a América Latina, realizou reformas pró-mercado alinhadas ao Consenso de Washington. Aqueles que ainda delegavam ao Estado algum papel, o faziam por meio de argumentos em torno de “falhas de mercado”. (MAZZUCATO, 2013; MEDEIROS E SERRANO, 2003)

Foi nesse contexto de mudança no papel do Estado que teve lugar a liberalização comercial e financeira, ao mesmo tempo em que a redução nos custos de frete, o progresso tecnológico no setor das tecnologias de comunicação e informação permitiram, do ponto de vista técnico, que as cadeias produtivas se fragmentassem de forma global. Como resultado, formaram-se cadeias globais de valor (CGV) dominadas por Empresas Transnacionais (ETN). A partir desta configuração, diferentes estratégias de desenvolvimento surgiram junto com críticas a “velha” política industrial, de modo que se disseminou a ideia de que a “melhor política industrial era não ter política industrial” (MEDEIROS, 2019; BALDWIN 2016).

Enquanto os países do “centro” advogavam em favor do livre comércio, de políticas de liberalização e austeridade, um grupo de países deu continuidade ao processo de desenvolvimento liderado pelo Estado. Esse parece ter sido o caso da China, Taiwan e Coreia do Sul, ao menos.² Assim, em uma parte do mundo, a Política Industrial seguiu sendo utilizada como instrumento promotor do desenvolvimento tecnológico.

Nesse sentido, países em desenvolvimento podem utilizar instrumentos para promover o avanço industrial e reduzir seu atraso. Contudo, à medida que o desenvolvimento tecnológico avança e as oportunidades de catching-up se reduzem, o foco da política industrial muda para o desenvolvimento de tecnologias autônomas. Essa dinâmica é flagrante se analisarmos o desenvolvimento da indústria de semicondutores, objeto de análise da presente dissertação.

Os EUA, como argumenta Wade (2017), apresentam um paradoxo, ou melhor, uma aparente contradição. Isto é, ao mesmo tempo em que o Estado e as ETN’s americanas assumem a liberalização e o “livre” mercado como retórica, na prática, a política industrial, o uso do

² Evidentemente, não se trata de dizer que tais países seguiram o mesmo padrão de desenvolvimento. Apenas que deram continuidade a seu processo de desenvolvimento com larga participação do Estado.

poder político americano na abertura de mercados e formação de alianças nunca saíram de cena. Nesse sentido, a indústria de semicondutores foi um dos daqueles setores em que, historicamente, a dinâmica citada acima encontra respaldo.

A bem da verdade, a própria origem da indústria de semicondutores remete à atuação do Estado americano na sua formação e consolidação. A indústria de semicondutores, articulada em torno da Bell Labs, Fairchild e Intel, dependeu de contratos públicos com NASA e com a força aérea americana. A indústria de defesa, de modo geral, garantiu a viabilidade do desenvolvimento dos semicondutores e de atividades e indústrias correlatas. A ascensão da indústria japonesa levou o Departamento de Defesa (DoD) a empreender esforços em favor da indústria, lançando o SCI (Strategic Computing Initiative) e formando o consórcio Semiconductor Manufacturing Technology (SEMATECH) que articulava produtores competitivos, o DoD e universidades (MAZZUCATO, 2013)

O sucesso da Indústria de semicondutores nos EUA atraiu o interesse e abriu oportunidades para novos entrantes como o Japão que deu início ao desenvolvimento da sua indústria nos anos 60, a partir da importação de tecnologia norte-americana (ONISHI, 2007). Esta dinâmica se deu no contexto do “desenvolvimento a convite”. Nesse momento, o Japão foi considerado como estratégico na contenção do bloco comunista na Ásia, contando com amplo apoio americano por meio da abertura unilateral do seu mercado, financiamento e tolerância as políticas seletivas japonesas (MEDEIROS E SERRANO, 1999).

O êxito da indústria japonesa foi de tal sorte que, no início dos anos 80, as importações americanas de semicondutores japoneses dobraram a cada ano e, em 1986, o Japão se tornou o país com a maior fatia do mercado global. Como consequência, os EUA reagiram dando início a uma ofensiva contra as empresas japonesas (ONISHI, 2007). Como enfatizado por Brown (2021), a SIA começou a pressionar o governo americano por medidas contra o Japão. Assim, em 1986, foi assinado um tratado de comércio de semicondutores, entre os EUA e o Japão, abordando os temas reivindicados pela SIA. Pelo acordo, o Japão se comprometeu em ampliar as importações de semicondutores americanos e impor restrições às exportações japonesas para os EUA e terceiros mercados. Em 1987, a ofensiva continuou e impuseram tarifas proibitivas contra as importações japonesas por não cumprirem o tratado de 1986.

Com efeito, também nesse período, se deu a política de reafirmação do dólar (MEDEIROS E SERRANO, 1999). Além disso, o Japão passou a enfrentar a concorrência de outros países asiáticos produtores de eletrônicos. Como consequência, nos anos 90, os EUA

retomaram a hegemonia da Indústria (ONISHI, 2007). O “declínio” japonês abriu espaço na indústria, parte deste espaço foi ocupado por Taiwan.

O início dos esforços de desenvolvimento dos semicondutores, em Taiwan, se deu com maior ênfase nos anos 70, quando a maior parte dos Circuitos integrados utilizados eram importados. Entre 1974–79, o governo organizou o *Electronics Industrial Research Centre*, posteriormente conhecido como Electronics Research and Service Organization (ERSO), como parte do Industrial Technology Research Institute (ITRI). O ERSO foi crucial no desenvolvimento de tecnologias de semicondutores, no contexto da primeira fase do Projeto de Desenvolvimento da Indústria Eletrônica (EIDP). Nesta primeira fase, o setor privado não se envolveu com a indústria, tendo um engajamento muito limitado. Nesse sentido, o Estado foi o grande responsável por assumir os riscos. Ademais, é importante destacar que o governo do Kuomintang, também, tinha interesses em eletrônicos para a defesa (CHENG, et al., 2021; AMSDEN, 2001).

Já entre os anos de 1979 até 1989 houve uma atuação mais ativa do setor privado na indústria de semicondutores, o que não reduziu o ímpeto Estatal. Em 1980, foi estabelecido o parque industrial de Hsinchu e criada United Microelectronics Corporation (UMC) a partir do ERSO. Nessa fase, o ITRI-ERSO contou com transferências tecnológicas da Vtelic Technology (EUA). Em 1987, a TSMC nasceu como uma spin-off do ITRI com capital do governo, de investidores privados e da Philips Inc. Ainda, nos anos 1987–90, diversas empresas privadas começam a surgir no parque de ciência Hsinchu. É importante destacar que o modelo “foundry”³ foi inaugurado em Taiwan com a TSMC e, em grande medida, foi responsável pelo êxito taiwanês (CHENG, et al, 2021; Liu, 2021).

Na década de 90, o governo lançou dois planos quinquenais para o setor. Assim, Projeto de Desenvolvimento de 5 anos da Tecnologia de Processo de Fabricação Submicron foi lançado, em 1990, com um orçamento de 280 milhões dólares. As tecnologias desenvolvidas nesse projeto deram origem a diversas empresas como Vanguard International Semiconductor Corporation (VISC), ASE Technology Holding Co., Ltd., Siliconware Precision Industries Co., Ltd. and MXIC. Em 1996, um novo plano quinquenal teve início com a missão de dominar a produção de CI’s de 0,18 micrômetros. O plano contou com um fundo de 76 milhões de dólares (CHENG, et al., 2021). Nos anos 2000, a indústria de semicondutores taiwanesa já estava

³ O significa do modelo foundry será discutido adiante.

consolidada. O desenvolvimento da indústria em Taiwan será discutido em detalhes mais a frente nos capítulos 2 e 3.

Já a China, na primeira década do século XXI, se consolidou como um duplo polo da Economia mundial, se convertendo no principal produtor de manufaturas intensivas em mão-de-obra ao mesmo tempo em que se tornou um grande mercado para a produção mundial de máquinas, equipamentos, indústrias de tecnologia e matérias-primas. Após a crise de 2008, o Partido comunista chinês aprofundou sua estratégia de desenvolvimento, tendo como foco o desenvolvimento tecnológico autônomo. Esta estratégia ficou clara com os programas “Made in China 2025” e o 13º plano quinquenal. As autoridades chinesas deixaram explícito o objetivo de elevar a capacidade de inovação autônoma, fazendo a economia chinesa menos dependente de tecnologias externas (MEDEIRO, 2013; MEDEIROS, 2006; HIRATUKA, 2018, AGLIETTA E BAI, 2016).

Nesse sentido, se tornou imprescindível que a China dominasse a indústria de semicondutores, especialmente após o início da ofensiva norte-americana. Não à toa os chineses aceleraram seus esforços. Isto pode ser observado no 14º plano quinquenal e a nova estratégia de desenvolvimento chinesa para os próximos anos baseada na chamada “circulação dual” e na segurança das cadeias produtivas. O 14º plano quinquenal é, em parte, uma resposta às sanções americanas que tem limitado o acesso chinês a determinados mercados, como o de semicondutores.

A indústria de semicondutores na China pode ser dividida em quatro fases diferentes. O período de 1956 a 1990 em que a indústria foi marcada por um sistema de organização próximo ao soviético, enfatizando o desenvolvimento endógeno e o planejamento estatal. O período 1990 a 2002 marca o fim do antigo modelo, tendo sido a estratégia principal para tentar o catching-up a formação de joint ventures e parcerias com empresas internacionais. Entre 2002 e 2014, diversas empresas chinesas surgiram articuladas, principalmente, com o mercado interno. Desde 2014, o PCCH intensificou os esforços para a indústria. (FULLER 2021; VERWEY, 2019).

A estratégia chinesa de desenvolvimento para os semicondutores, detalhada no 14º plano quinquenal, visa atingir liderança e independência tecnológica. O foco se dá, principalmente, em três dimensões, atrair investimento estrangeiro direto em P&D, uso de plataformas tecnológicas de acesso aberto e o uso de programas de talentos para atrair especialistas estrangeiros. Devido às sanções norte-americanas, o 14º adotou explicitamente

como estratégia a elaboração de parcerias e incentivos a cooperação com universidades e empresa estrangeiras, em especial, norte-americanas. Políticas dessa natureza foram essenciais para a ascensão taiwanesa no setor, no caso chinês, é ainda mais imprescindível devido ao acesso restrito a tecnologias estrangeiras (CRS, 2020; 2021).

Seguindo essa lógica, o desenvolvimento da indústria de semicondutores foi marcado por uma ampla atuação estatal, desde a sua formação nos EUA. Ademais, ao longo do seu desenvolvimento a indústria esteve intimamente ligada a dinâmica da política internacional. Inclusive, atualmente, a indústria de semicondutores se encontra no centro das disputas tecnológicas entre a China e EUA.

Ao menos desde o governo Trump (2017–2021), os EUA estão impondo uma ofensiva comercial contra a China, por trás dessa ofensiva, entretanto, está uma disputa tecnológica que visa, entre outros setores, explorar a fragilidade da indústria de semicondutores da China. A China, a despeito de algum êxito na etapa de design, ainda sofre com a capacidade de manufaturar CI's de alta tecnologia. A Hisilicon, por exemplo, viu sua participação no mercado de chips 5G derreter de 23%, em 2020, para menos de 5%, ao fim de 2021. A Hisilicon é a subsidiária responsável pelo design dos chips da Huawei e a crise recente é, grande parte, resultado das sanções norte-americanas.

Na atual disputa com a China, a ofensiva americana tem se dado em três frentes. Em primeiro lugar, estão os controles de exportação iniciados ainda durante o governo Trump. Em segundo, as articulações internacionais para isolar as empresas de tecnologia de informação e comunicação chinesa. Por fim está o episódio mais recente, a volta explícita da política industrial para setor que culminou com o lançamento do maior de plano da história para os semicondutores (FULLER, 2020). Na questão dos aliados estrangeiros e dos controles de exportação, Taiwan desempenha um papel fundamental em função da sua capacidade de manufatura e da sua relação com os EUA que, historicamente, funcionou como um contendor das pressões chinesas sobre a ilha.⁴ Ademais, é o domínio da indústria de semicondutores que dá aos EUA “um poder estrutural no sistema de TIC” (MAJEROWICZ, 2022, p. 339).

Vale lembrar que a indústria de semicondutores, durante a crise decorrente do avanço do coronavírus, também, ganhou destaque internacional devido uma escassez no setor. O impacto da pandemia teve características peculiares, já que se deu por meio de choques de

⁴ <https://sul21.com.br/opiniao/2021/08/o-dilema-de-taiwan-no-berco-da-nova-ordem-mundial-por-jose-luis-fiori/>

demanda e choques de oferta. De acordo com Baldwin e Tomiura (2020), o setor manufatureiro foi atingido por três vias principais. Em primeiro lugar interrupções diretas devido ao avanço da doença nos principais países produtores (EUA, Alemanha e Ásia). Em segundo, interrupções diretas devido ao encarecimento de insumos, limitando a produção em países secundários na produção manufatureira mundial. Por fim, choques de demanda associados a queda da demanda agregada, atraso nas compras e atraso nos investimentos das empresas.

Esse cenário, entretanto, não se aplica a indústria de semicondutores, especificamente. Como sugerido por Miller (2023), a indústria de semicondutores sofreu poucas interrupções durante a pandemia e, ao contrário da maioria das indústrias, teve aumento da sua demanda e bateu recordes de produção. Nesse caso, o que vem orientando as políticas estatais em torno da indústria não são os riscos decorrentes da fragmentação da produção, como argumentado por Baldwin e Tomiura (2020), mas, na verdade, a disputa entre China e EUA que é consequência da corrida pelo domínio tecnológico e militar.

A centralidade da referida indústria para as modernas trajetórias tecnológicas é um dos elementos que ajuda a explicar por que determinados Estados se envolveram no seu desenvolvimento, bem como utilizam mecanismos para mitigar o avanço de outros países no setor. O domínio do progresso técnico é parte das relações de poder interestatais. Sendo particularmente verdade em relação às tecnologias de uso dual (civil e militar) e as situadas na fronteira tecnológica (indústria 4.0). (MEDEIROS E MAJEROWITZ, 2018; DIEGUES E ROSELINO, 2021). Atualmente, o avanço das tecnologias de informação e comunicação representa a fronteira de conhecimento não apenas nos usos civis, como bens de consumo (smartphones) e industriais, mas, também, nas questões militares. Com isso, os semicondutores se tornaram essenciais nas armas mais sofisticadas, nos equipamentos de operação em campo e na segurança cibernética (MAJEROWICZ E MEDEIROS, 2018; DIEGUES E ROSELINO, 2021).

Como salientado por Majerowicz (2022, p. 324) digitalizar o “[...] mundo físico consiste na implementação de semicondutores, tanto os sensores quanto os circuitos integrados (*chips*).”. Nesse sentido, o setor de semicondutores é crucial para o desenvolvimento das trajetórias tecnológicas modernas, tendo atingido um caráter estratégico comparável a outros setores como energia, infraestrutura. Essa indústria, entretanto, conta com poucos trabalhos a partir da ótica da economia política e da sua relação com as estratégias desenvolvimento. O trabalho espera cobrir, ao menos parcialmente, esta lacuna.

Além disso, as discussões relacionadas as trajetórias de desenvolvimento no âmbito setorial ou nacional, em geral, são marcadas por elevadas doses de ideologia pelo lado ortodoxo. Nessas abordagens, o papel desempenhado pelo Estado é menosprezado. Embora diferentes abordagens heterodoxas coloquem o Estado no centro das discussões sobre desenvolvimento, como argumenta Medeiros (2010): “difícilmente se discute por que o Estado cumpre ou por que não cumpre as missões que deveria cumprir, e mais raro ainda se identificam os fatores políticos externos nas trajetórias de desenvolvimento.” Seguindo essa direção, não se está propondo uma discussão puramente descritiva do desenvolvimento taiwanês na indústria de semicondutores, mas uma análise que compreenda as motivações e os fatores externos condicionantes.

Ao elucidar essas questões, o presente trabalho parte de alguns pressupostos teóricos que perpassam o campo da Economia do Desenvolvimento. Nesse sentido, a Política industrial é compreendida como um conjunto de políticas seletivas por parte do Estado em favorecimento de setores, atividades, firmas ou tecnologias. Esse tipo de estratégia foi largamente utilizado pelos países desenvolvidos, em especial no pós-guerra (AMSDEN, 2003).

Nesse sentido, parte da fundamentação teórica da industrialização como estratégia de desenvolvimento pode ser encontrada no conjunto dos autores que formam a Tradicional Teoria do Desenvolvimento⁵ e estão intimamente ligados a defesa de uma atuação ativa do Estado no processo de desenvolvimento industrial e tecnológico. Em especial, os conceitos de Complementariedade e Externalidade. Só para citar um desses autores, Roseinstein-Rodan (1943) enfatiza a necessidade de que determinados setores sejam ofertados conjuntamente, ou seja, a complementariedade.

Assume-se, também, que a constituição de um sistema nacional de inovação foi elemento comum nas trajetórias de desenvolvimento tecnológico exitosas, como nas contribuições de Freeman (1995). Entretanto, a demanda como um indutor do progresso tecnológico é um elemento fundamental. Assim, assume-se que o Estado e os gastos públicos orientados por inovações são fundamentais para o progresso tecnológico “disruptivo”, como argumentado por Mazzucato (2014). Ademais, o nível de demanda afeta o ritmo de mudança tecnológica ao induzir o processo de aprendizagem e a incorporação de inovações, máquinas e equipamentos.

⁵ A respeito desses autores ver Bastos e Britto (2020)

A dissertação, então, tem como foco mostrar como os esforços do Estado taiwanês em torno da indústria de semicondutores estiveram condicionados pela estratégia nacional de desenvolvimento e pela dinâmica da política internacional. Ademais, a presente trabalho mostra como o domínio sobre a indústria de semicondutores fez de Taiwan um território estratégico e colocou o país, de novo, no centro das disputas entre China e EUA. Assim, são 3 as contribuições pretendidas pelo trabalho: i) Relacionar o comportamento do Estado, no setor, com a dinâmica da política internacional; ii) Sistematizar a atuação dos Estados em termos de política industrial em Taiwan III) demonstrar o caráter estratégico de Taiwan na economia global, visto como consequência do domínio na etapa de manufatura de CI's. Assim, o trabalho se situa no âmbito da Economia política do desenvolvimento.

Uma vez que o trabalho estuda as estratégias de desenvolvimento condicionadas pelas questões relacionadas à Economia Política, parte da resposta é construída por meio de pesquisa bibliográfica não apenas sobre a Economia Política das tecnologias de informação, comunicação e dos semicondutores, mas, também, da própria Economia Política por trás da estratégia de desenvolvimento taiwanesa. Ademais, como há um foco nas relações entre Estados, mercados e a dinâmica da política Internacional, a resposta à pergunta de pesquisa é construída utilizando um levantamento de documentos oficiais a respeito das políticas industriais para os semicondutores e as questões relacionadas ao mercado externo, como as sanções impostas pelos EUA contra a China.

Portanto, se trata de uma pesquisa que busca compreender os condicionantes das estratégias de desenvolvimento para os semicondutores, contribuindo, assim, para a formação da Economia Política do Setor. A pesquisa se dá no campo descritivo-explicativo.

No capítulo 1 apresenta-se uma visão geral da indústria de semicondutores, cobrindo as principais etapas de produção, modelos de negócios, tendências tecnológicas, militares e principais aplicações. Já no segundo capítulo, está uma discussão de como ocorreu o processo de catching-up em Taiwan, com foco nas condições e fatores que permitiram ao Estado taiwanês conduzir um vigoroso processo de industrialização. Já no terceiro capítulo, discute-se, especificamente, como ocorreu o desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan, focando na formação do modelo *foundry* e os desdobramentos que colocaram a ilha como um território estratégico para economia global. Além da presente introdução e dos referidos 3 capítulos, esta dissertação conta, ainda, com considerações finais, retomando alguns dos

principais pontos do trabalho para discutir os possíveis rumos que a indústria, no contexto da disputa tecnológica sino-americana, deve tomar.

CAPÍTULO 1. A INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES: DEFINIÇÃO, APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS

1.1. Visão geral da indústria de semicondutores

Semicondutores, como chips de memória e processadores, são a espinha dorsal da sociedade moderna. Sem esses chips, não seríamos capazes de executar qualquer software em qualquer lugar. Os carros modernos dependem de centenas de semicondutores, assim como nossa rede de energia, sistemas de gerenciamento de tráfego, hospitais, bolsas de valores e companhias de seguros. Os semicondutores são uma tecnologia fundamental e pré-requisito para muitas tecnologias emergentes, como inteligência artificial (AI), computação quântica e veículos autônomos. (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020, pp. 5)

1.1.1. Definição da indústria de semicondutores

Os semicondutores são materiais capazes de conduzir corrente elétrica e formam a base para a elaboração dos transistores, componentes responsáveis por amplificar ou trocar sinais eletrônicos e potência elétrica. O transistor começou a ser produzido em escala comercial nos anos 50 e deu origem a praticamente todos os produtos presentes na indústria dos semicondutores (GUTIERREZ E MENDES, 2009, MILLER, 2023, P. 35-37). Atualmente, as tecnológicas associadas aos semicondutores se dividem em 7 categorias principais. O grupo dos “chips” ou circuitos integrados que inclui os semicondutores do tipo memória, circuitos lógicos, microcomponentes e circuitos analógicos. Somam-se a estes os optoeletrônicos, sensores e componentes discretos (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020, p. 5).

As memórias podem ser de curto prazo, como DRAM e SRAM que dispensam o conteúdo armazenado após desconectadas da fonte de energia ou de longo prazo, como ROM, EPROM e EEPROM que mantêm o conteúdo armazenado. Já os circuitos lógicos são componentes eletrônicos baseados na lógica binária e podem ser dos tipos display drivers; logical standard; FPGA (Field Programmable Gate Array) e PLD (Programmable Logic Device). Os microcomponentes, por sua vez, são versões miniaturizadas de componentes já existentes. Alguns exemplos desse tipo de circuito são os microprocessadores, microcontroladores e DSP (Digital Signal Processor). Por fim, os circuitos analógicos, diferentemente dos lógicos, funcionam gerando ou transformando sinais, sejam de eletricidade, ondas de rádio ou luz. Uma diferença importante do ponto de vista produtivo e tecnológico entre os circuitos analógicos e digitais é que os digitais dependem de um desenvolvimento constante, agregando cada vez mais transistores por milímetro quadrado. Portanto, os produtores de circuitos analógicos enfrentam pressões menores em relação aos gastos com

equipamentos de ponta e P&D (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020, p.5-6; GUTIERREZ E MENDES, 2009).

Os componentes optoeletrônicos emitem ou detectam radiação ótica, sendo exemplos dessa categoria dispositivos laser, sensores de imagem, LED (Light Emitting Diode). Com relação aos sensores, existem diversos tipos, como sensores de temperatura, pressão etc. Já os componentes discretos são compostos por apenas um componente eletrônico (resistor, capacitor, transistor etc.), são exemplos dessa categoria diodos, transistores etc. (FILIPPIN, 2020, p. 111; GUTIERREZ E MENDES, 2009).

Embora a indústria de semicondutores compreenda todos os componentes semicondutores citados, os termos “semicondutor” e “chip” serão utilizados como sinônimos de CI’s. Os Circuitos integrados são compostos por múltiplos transistores e podem simular o funcionamento de todo um circuito eletrônico com diversos componentes. Em geral, são fabricados de silício, mas podem ser feitos a partir de germânio e arseneto de gálio. (GUTIERREZ E MENDES, 2009).

Resumidamente, a indústria de semicondutores compreende todo o processo de projeto e fabricação de componentes semicondutores. Isto é, componentes eletrônicos que exploram as propriedades elétricas e eletrônicas dos materiais semicondutores. A produção de um CI pode ser dividida em cinco etapas: i) concepção do produto ii) design do componente iii) fabricação do componente iv) teste e montagem do componente e v) serviço ao cliente. O núcleo principal da indústria, entretanto, é composto pelas etapas de design, manufatura, testagem e montagem (Ver quadro 1).

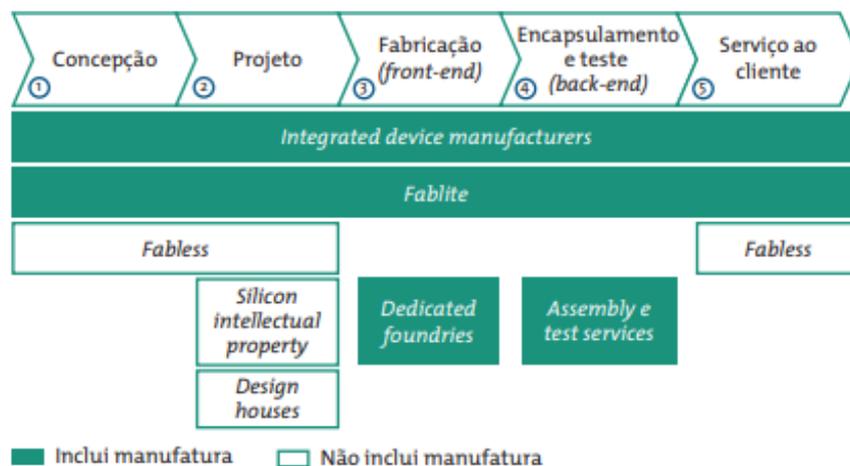
O design de um CI é um processo complexo e custoso. Se trata de uma etapa intensiva em conhecimento e habilidade, sendo responsável por 65% do total gasto em P&D na indústria. Em média, as empresas focadas em projetar chips gastam entre 12 e 20% de suas receitas em P&D (SIA, 2021b). Para efeito de comparação, projetar um chip de última geração (10nm), em 2016, custava cerca de US\$ 170 milhões; em 2020, projetar um chip de 5nm custava cerca de US\$ 540 milhões (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020).

Após o design, o projeto do chip vai para manufatura. A etapa de fabricação é altamente intensiva em capital e expertise, sendo cada vez mais complexa à medida que os CI’s se tornam mais sofisticados. Isto ocorre, pois, para aumentar a capacidade de um chip é preciso colocar um número maior de transistor. Isto é, quanto menor o transistor, maior o volume que pode ser

comprimido em um único chip (FILIPPIN, 2021). Nesse sentido, quanto menor os transistores que uma fábrica pode produzir, maior a sua capacidade tecnológica. Ou seja, uma fábrica capaz de manufaturar chips de 7 nanômetros pode produzir chips de maior capacidade do que uma fábrica de 28nm. (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020).

A fabricação contém centenas de etapas que necessitam de diferentes tipos de equipamentos que se tornam cada vez mais sofisticados para acompanhar o aumento dos núdulos por chip. Os fabricantes, em geral, são especializados em determinadas etapas do processo produtivo, conseqüentemente, uma fábrica de CI combina equipamentos de diversos produtores diferentes (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020).

Quadro 1 - Cadeia Produtiva de um CI e Modelos de Negócio



Fonte: Filippin (2021)

A manufatura dos chips envolve, ainda, o uso de wafers, produtos químicos e softwares específicos. Os softwares são necessários em todas as etapas da cadeia produtiva e são cada vez mais complexos para acompanhar os curtos ciclos de inovação, típicos da indústria de semicondutores (MACMILLEN, et al. 2000). Em geral, os softwares são especializados, assim os fornecedores mantêm relacionamentos muito próximos com as fábricas e fabricantes de equipamentos, de chips e empresas de design. Os softwares, chamados Electronic Design Automation (EDA), se tornaram essenciais para a resolução de problemas de projeto e desenvolvimento (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020).

Após ser manufaturado, o chip de silício precisa ser testado e embalado. Essa etapa do processo é chamada de “back-end” e se trata de uma etapa intensiva em trabalho e com baixas margens de lucro, se comparada às outras etapas. Já as etapas que compõem o processo de

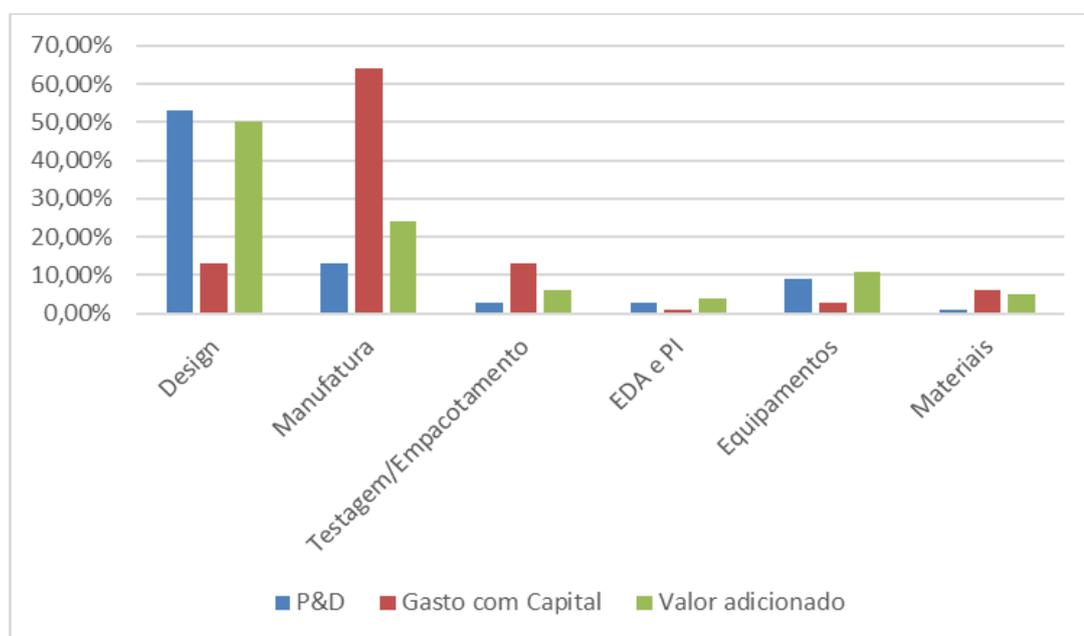
fabricação são chamadas de “front-end” (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020, p. 19; FILIPPIN, 2020, p. 112).

Ademais, constituem a cadeia produtiva ainda:

(i) as empresas que atuam como fornecedores de matérias-primas, equipamentos e serviços; (ii) as instituições que fornecem infraestrutura, de conhecimento (universidades e centros de P&D), de serviços públicos (energia e água) ou de logística; e (iii) as empresas que compram os componentes semicondutores. (FILIPPIN, 2020, P. 114).

Em termos da estrutura de gastos, a etapa de design consome cerca de 38% do total gasto pelo setor em P&D, sendo o setor mais intensivo em gastos em pesquisa. A manufatura é altamente intensiva em capital, consumindo mais de 60% do gasto total da indústria nessa modalidade. A etapa de testagem é intensiva em trabalho, com baixa intensidade tanto em capital quanto P&D. Ademais, o setor de Design é a etapa que gera a maior parte do valor adicionado, respondendo por cerca de 50% do total (Ver figura 1).

Figura 1 – Gastos com P&D, Capital e valor adicionado por etapa de produção da indústria de semicondutores (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021b).

De acordo com a especialidade da firma se dá o modelo de negócios (FILIPPIN, 2020; BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020):

- Aquelas companhias que dominam todas as etapas da produção são chamadas IDM (Integrated device manufacture), as principais IDM's são a Intel

Corporation (EUA), a Samsung Electronics (Coreia do Sul) e a Micron Technology (EUA).

- As empresas que atuam em todas as fases, exceto aquelas ligadas a manufatura (teste e fabricação), são chamadas “fabless”, as principais firmas desse tipo são a Qualcomm (EUA), a Broadcom (EUA) e a AMD (EUA).
- Existem, ainda, empresas que realizam todas as etapas para alguns tipos Circuitos Integrados e terceirizam a produção de outros, em geral, de maior conteúdo tecnológico. Essas são as chamadas “fablite”. Na prática, são fabless com alguma capacidade de manufatura. A Texas Instruments (TI) (EUA), a NXP (Países Baixos) e a Infineon Technologies (Alemanha) são as principais a adotarem esse modelo de negócio.
- Empresas dedicadas apenas a manufaturar os semicondutores são chamadas de Foundries. As principais são a Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) (Taiwan), a Globalfoundries (EUA) e a UMC (Taiwan).
- As firmas especializadas em “embalagem e testagem” são chamadas OSAT (outsourced semiconductor assembly and test) e podem realizar uma ou mais fases da etapa de back-end. As principais são Advanced Semiconductor Engineering (ASE) (Taiwan), a Amkor Technology (EUA) e a Siliconware Precision Industries (SPIL) (Taiwan).

Existem, ainda, empresas independentes que projetam “chips” e CI’s, mas não imprimem sua marca. Essas, em geral, prestam serviços para IDM’s, Fabless e Fablite.

Assim, o processo de fabricação de um CI depende de “um ajuste fino” na relação entre todas as etapas de produção. As “Fabless”, os fornecedores de EDA e os de propriedade intelectual precisam trabalhar em colaboração com as *foundries* para adaptar projeto do chip com um processo específico de uma fábrica. De acordo com Baisakova e Kleinhans (2020), o design de chip de 7 nm manufaturado pela Samsung para ser fabricado pela TSMC exige um redesenho quase completo do CI, o que equivale há anos de trabalho.

Sobre esse “ajuste fino”, Gutierrez e Mendes destacam: “essa cooperação entre diferentes etapas e atores da cadeia de valor de um CI é um dos pontos relevantes para explicar por que essa indústria aumenta seu potencial de sucesso quando desenvolve um ecossistema completo.” (2009, p. 170). Consequentemente, a relação de aprendizado constante entre as

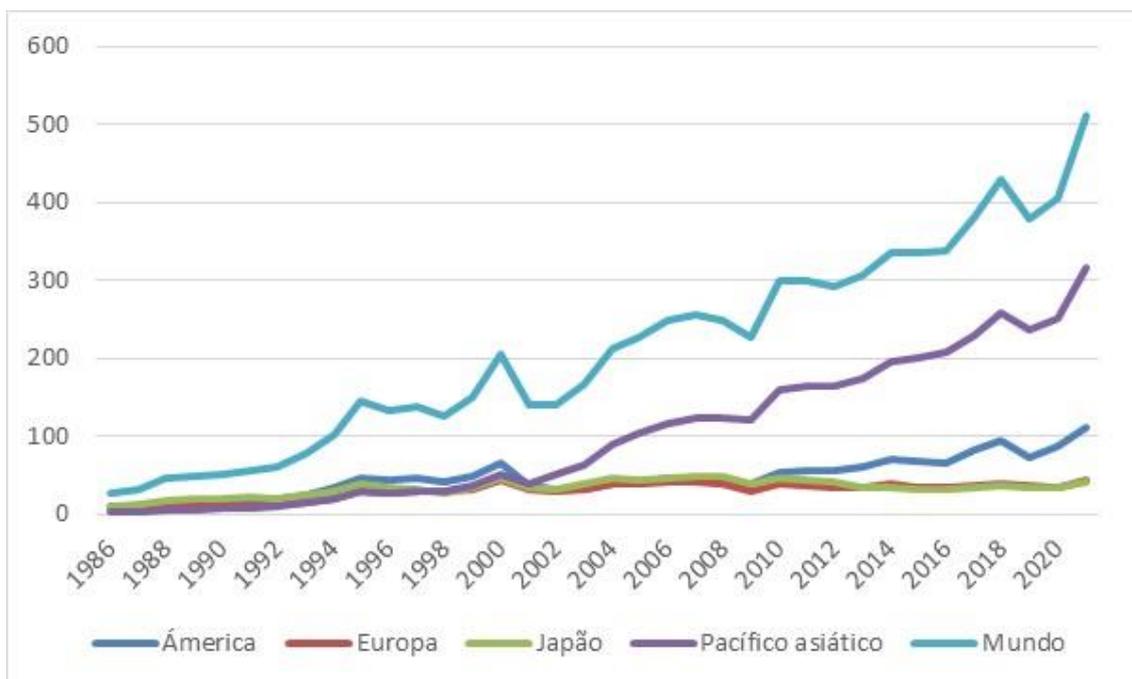
empresas produtoras de componentes e as empresas que projetam os bens finais é uma característica da indústria.

Em resumo, a indústria de semicondutores é marcada por um elevado grau de interação entre as diferentes etapas, sobretudo entre o design e a manufatura. Além das empresas de design e manufatura, também, compõem o ecossistema as empresas de propriedade intelectual que desenvolvem e licenciam blocos de circuitos pré projetados, as empresas de automação de design eletrônico (EDA) que fornecem os softwares para o design do chip, as empresas que produzem materiais para fabricação de “wafers”; as fabricantes de equipamentos especializados na manufatura de CI’s, as empresas de montagem, teste e embalagem, as instituições que fornecem infraestrutura de conhecimento (universidades e centros de P&D) e os Estados nacionais que atuam fornecendo conhecimento, subsídios.

1.1.2. Distribuição geográfica e visão geral da indústria

A indústria vem experimentando, ao longo das últimas décadas, um rápido crescimento. De acordo com dados da WSTS, as receitas da indústria saíram de aproximadamente 200 bilhões de dólares, em 2000, para cerca de 556 bilhões de dólares em 2020 (ver na figura 2). Atualmente, cerca de 63% da demanda por semicondutores vem de computadores e equipamentos de comunicação. Cerca de 11% da demanda vem do setor automotivo, 12% da indústria em geral e 12% são destinados para outros bens de consumo. Já as compras do governo representam 1% da demanda total por semicondutores (SIA, 2021a).

Figura 2 - Participação regional nas vendas globais (Bilhões US\$) por continente (1986-2020)



Fonte: Elaboração própria com dados da WSTS

Do ponto de vista geográfico, como aponta a Tabela 1, a Ásia ganhou espaço ao longo das últimas décadas. Em 1986, detinha cerca de 7,79% do valor total das vendas, apenas 25 anos depois, cerca de 61% das vendas são oriundas do continente asiático. Chama a atenção a rápida deterioração da indústria de semicondutores na Europa e no Japão. É importante destacar que os dados da tabela 3 não apresentam uma distinção por país ou continente sede. Então, por exemplo, as vendas de uma empresa norte-americana produzindo no continente europeu, estão contabilizadas nas vendas europeias. Desse modo, o crescimento asiático não é só explicado pelo surgimento de importantes empresas na região (como a Samsung, TSMC entre outras), mas, também, pelo deslocamento de empresas do ocidente.

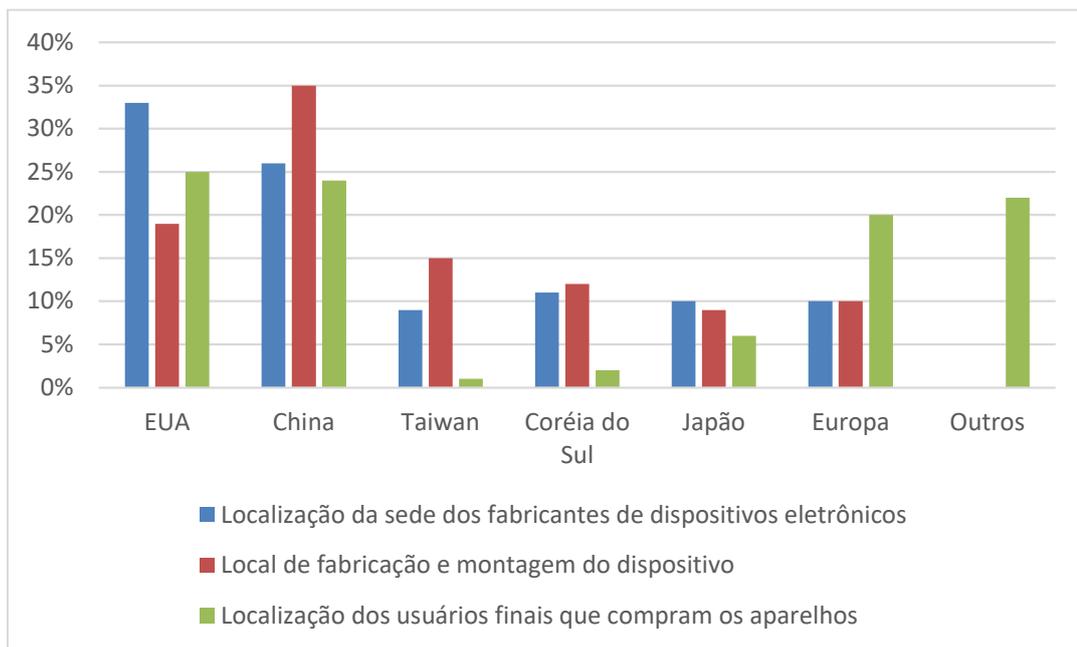
Tabela 1 - Participação regional nas vendas da indústria de semicondutores

	1986	1996	2006	2016	2021
Ámerica	32,28%	32,34%	18,13%	19,34%	21,91%
Europa	20,28%	20,89%	16,11%	9,65%	8,60%
Japão	39,65%	25,90%	18,74%	9,53%	7,88%
Ásia-Pacífico	7,79%	20,88%	47,02%	61,49%	61,60%
Mundo	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com dados da WSTS

Como os semicondutores são bens intermediários, isto é, são bens utilizados na fabricação de outros bens, a participação geográfica pode ser mensurada de três formas diferentes, do ponto de vista da demanda: i) Localização da sede dos fabricantes de dispositivos eletrônicos; ii) Local de fabricação e montagem do dispositivo iii) Localização dos usuários finais que compram os aparelhos. Essas três óticas refletem os diferentes papéis desempenhados por diferentes regiões na indústria. Assim, quando os dados são organizados de acordo com a sede dos fabricantes, vemos que os EUA possuem o maior market share. Levando em conta os critérios de localização de montagem/fabricação dos dispositivos eletrônicos que utilizam os semicondutores, a China é a principal região, sendo responsável por 35% da demanda total. Ao concentrar os dados nos locais onde os dispositivos são efetivamente vendidos aos usuários finais, China (24%) e EUA (25%), somados, respondem por cerca de 50% da demanda global (Ver figura 3).

Figura 3 - Origem geográfica da demanda dos semicondutores (2019)

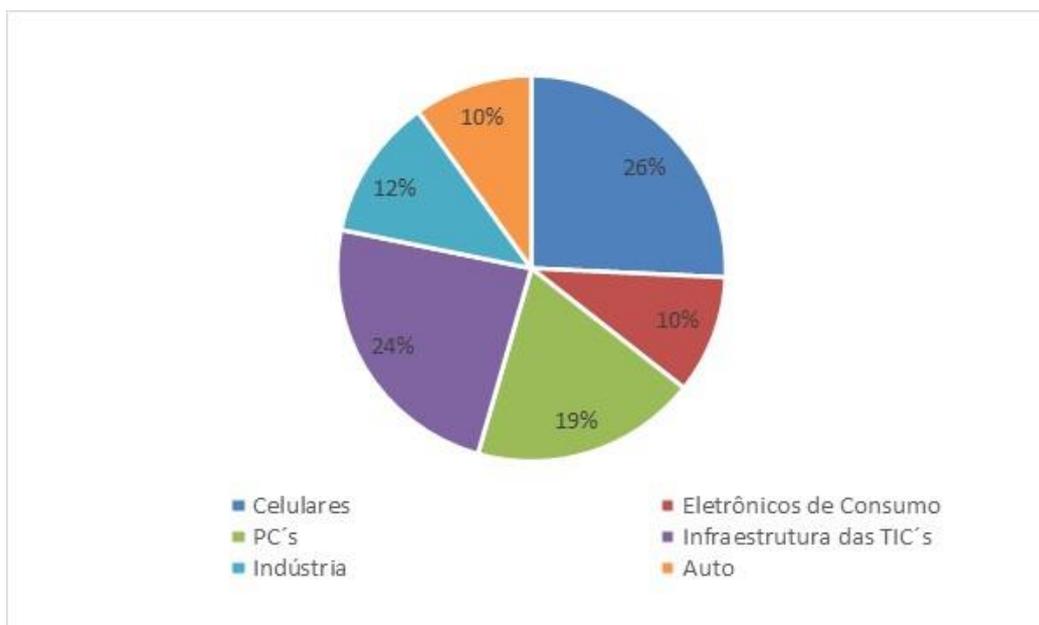


Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021b).

A demanda, também, pode ser avaliada a partir do uso final, isto é, os bens finais dos quais os semicondutores são parte. Nesse sentido, os dispositivos eletrônicos que mais consomem semicondutores são os celulares, respondendo por 26% do total. A infraestrutura necessária para as tecnologias de informação e comunicação, por sua vez, é responsável por cerca de 24% da demanda total. Já os PC's consomem 19%, seguidos dos equipamentos industriais (12%), automotivos (10%) e eletrônicos de consumo (10%), como eletrodomésticos (Ver figura 4).

É interessante notar que à medida que os carros estão se tornando mais sofisticados e com maior conteúdo tecnológico, a demanda de semicondutores automotivos passou a responder por uma parcela significativa da demanda total. Os semicondutores automotivos, entretanto, tem como característica um ritmo menor de mudança tecnológica. De acordo com Baisakova e Kleinhans (2020, p. 9), “Um fornecedor de IC [...] específico para uma aplicação automotiva deve estar preparado para fabricar esses chips por até 30 anos sem alterações em seus processos de fabricação.”

Figura 4 - Perfil da Demanda por uso final (2019)



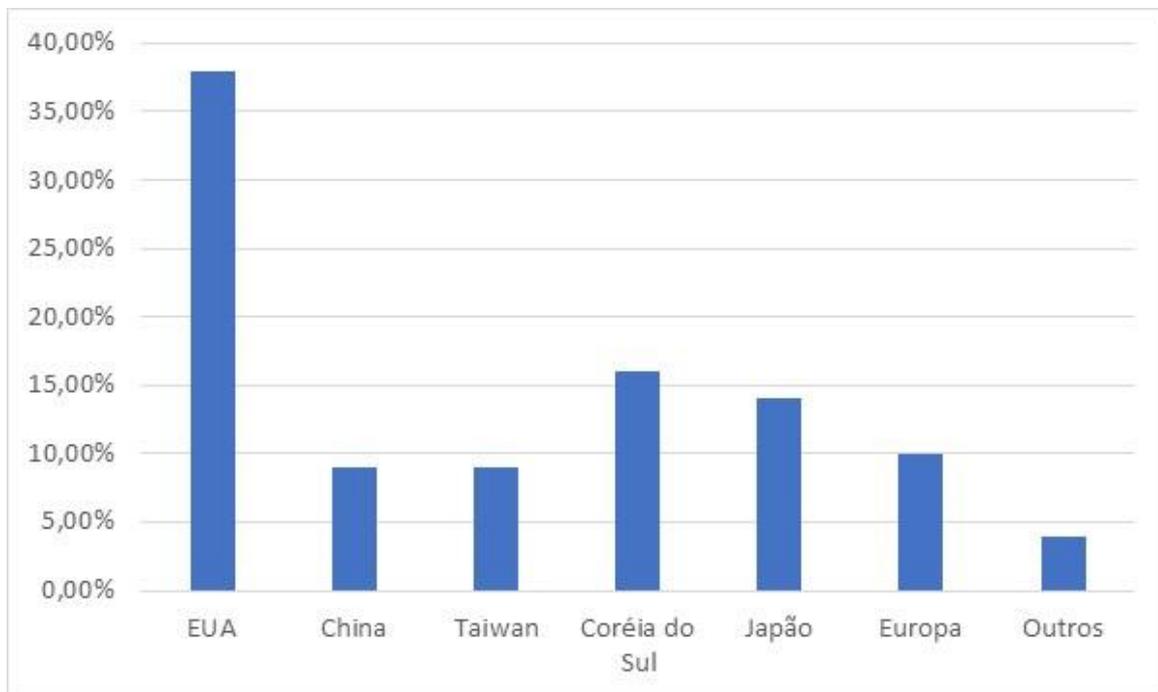
Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021b).

Como mencionado acima, seis grandes regiões dominam a Indústria global de semicondutores. Cada região, entretanto, desempenha um papel diferente na cadeia produção. De modo geral, os EUA dominam as atividades mais intensivas em P&D, como o design de chips, o fornecimento de softwares de projeto de CI's (EDA) e Propriedade Intelectual. Os processos intensivos em capital e trabalho, o fornecimento de matérias-primas, fabricação, embalagem e testagem estão concentrados na Ásia (SIA, 2021b). Isto reflete o fato da cadeia dos semicondutores ser altamente fragmentada geograficamente, sendo dividida entre atividades intensivas em mão de obra não qualificada, capital e mão de obra qualificada. Ademais, envolve um complexo ecossistema de materiais, equipamentos, softwares de design e fornecedores de IP. De acordo com Majerowitz (2016, p. 202, tradução nossa): “Cada estágio tem um padrão totalmente diferente de localização geográfica, envolvendo fluxos de comércio internacional multidirecionais de semicondutores entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento”.

Ademais, como sugere a figura 5, os EUA são responsáveis pela maior parte do valor adicionado, entre as regiões destacadas. Isto está em linha com o fato de os EUA deterem a liderança na etapa de design, que responde por cerca de 50% do valor adicionado total da indústria. A etapa de design é de maior intensividade em P&D, nesse sentido os EUA são líderes globais no gasto em P&D de semicondutores. A liderança norte-americana reflete no seu

Market share, as firmas estadunidenses, somadas as IDM's e fabless, respondem por 50% do total de vendas em design (SIA, 2021b).

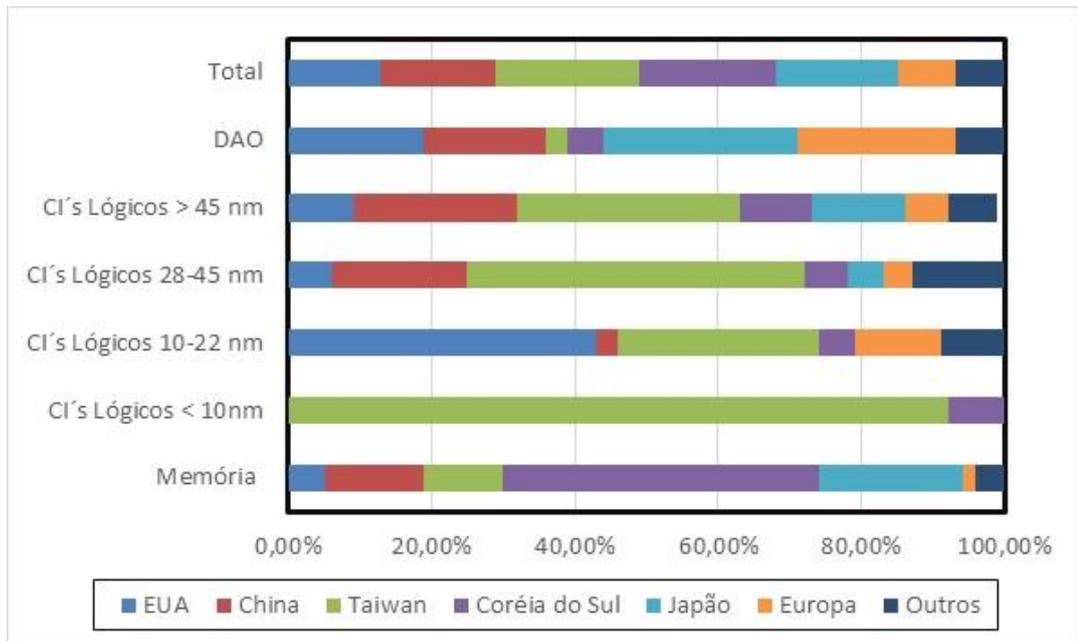
Figura 5 - Valor adicionado por região (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021a)

Do ponto de vista da capacidade instalada, cerca de 75% da capacidade de manufatura está na China e leste asiático. Contudo, quando se olha, especificamente, para as fábricas produtoras de semicondutores de última geração (até 10 nanômetros), a capacidade está concentrada na Coreia do sul (8%) e em Taiwan (92%). A manufatura taiwanesa tem capacidade de produção de todos os circuitos integrados. A China, por sua vez, obteve êxito no domínio da manufatura de chips de gerações antigas, acima dos 10 nm. Os EUA, pioneiros do setor, perderam a capacidade de manufatura chips de última geração. A indústria japonesa seguiu o mesmo caminho da norte-americana. Importante destacar que é considerada a capacidade instalada na região e não o país sede da empresa (SIA, 2021b).

Figura 6 - Capacidade de produção dos CI's por Região (2019)



Fonte: Elaboração própria a partir de SIA (2021b).

Se o desenvolvimento de software e o acesso à propriedade intelectual são indispensáveis para a etapa de design, a manufatura não pode ocorrer sem os equipamentos e materiais necessários. Nesse sentido, a indústria de equipamentos para manufatura de semicondutores está concentrada nos EUA (41%), na Europa (18%) e no leste asiático⁶ (36%). A China detém apenas 5% da indústria. O fornecimento de matérias para chips está concentrado no leste asiático (57%), os EUA, China e Europa respondem, respectivamente, por 11%, 13% e 12% do fornecimento de matérias. A etapa de testagem e embalagem se concentra, basicamente, na Ásia. A China detém cerca de 38% da capacidade, Japão, Coreia do Sul e Taiwan, somados, respondem por 43% da capacidade (SIA, 2021b).

Portanto, a indústria de semicondutores está globalmente distribuída em 6 regiões principais, Japão, Coreia do Sul, EUA, Taiwan, China e Europa. A cadeia produtiva obedece a um padrão de especialização geográfica, no qual cada uma das regiões responde por uma atividade. De acordo com SIA (2021b, pp. 37):

“A estrutura global da cadeia de suprimentos de semicondutores, com especialização geográfica entre camadas, significa que as empresas interagem e colaboram além das fronteiras, em relações de dependência mútua.”

1.2 Tendências e usos tecnológicos, econômicos e militares

⁶ Taiwan, Coreia do Sul e Japão.

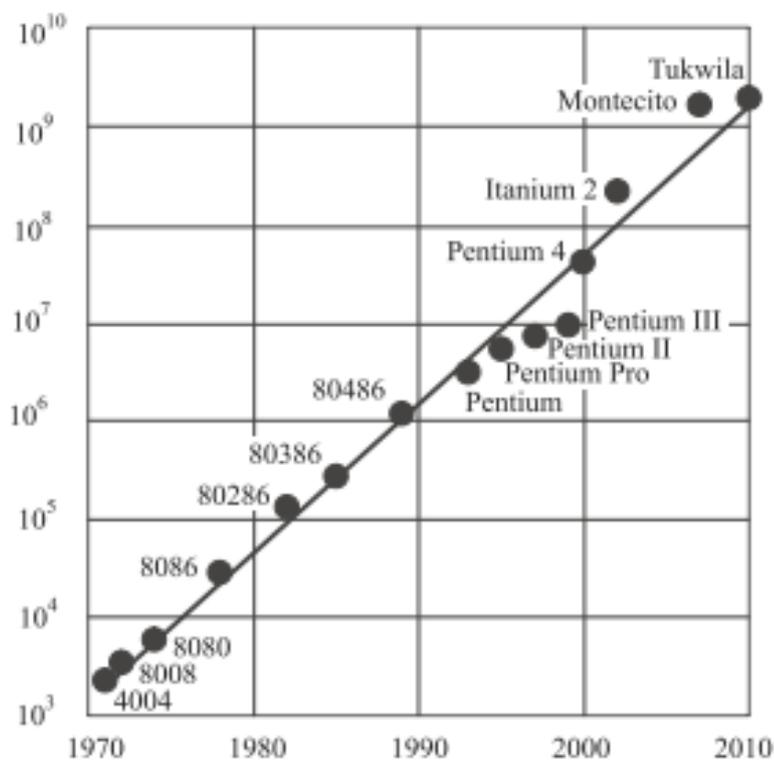
“A complexidade dos circuitos integrados praticamente dobrou a cada ano desde a sua introdução. O custo por função diminuiu milhares de vezes, enquanto o desempenho e a confiabilidade do sistema melhoraram dramaticamente. Muitos aspectos de processamento e design de tecnologia contribuíram para tornar a fabricação de funções como complexos microprocessadores de chip único ou circuitos de memória economicamente viáveis” (MOORE, 1975, p.1, tradução nossa)

1.2.1 A lei de Moore

A citação acima apresenta, em resumo, o que é a Lei de Moore nas próprias palavras do seu “criador”. Essa “lei” tem sido uma tendência tecnológica marcante na indústria de semicondutores, com importantes implicações.

De acordo com a lei de Moore, a quantidade de transistores em CI tem dobrado, em média, a cada dois anos, o que, na prática, significa o aumento da capacidade computacional do circuito integrado. Não se trata, entretanto, de uma lei de fato, já que sua permanência ao longo do tempo é improvável. Na verdade, está mais próxima de refletir uma meta para o progresso tecnológico do setor. Esta tendência está ilustrada no quadro 2, nela o número de transistores em processadores Intel está plotado em função do tempo para o período de 1970–2010.

Quadro 2-Número de transistores em processadores Intel de 1970-2010



Fonte: Lukasiak e Jakubowski (2010)

Com efeito, a primeira previsão feita por Moore, em um artigo na revista “*electronics*” de 1965, seria de que os transistores dobrariam a cada ano. Somente em 1975, Moore fez afirmação que se consagrou na indústria, isto é, a de que o número de transistores em um CI dobraria a cada dois anos. Ainda assim, o autor reviu a “Lei de Moore”, em 1997, rebaixando o período para 18 meses. Isto traduz o fato de não se tratar, efetivamente, de uma lei, mas de um fenômeno temporário que reflete o aumento de capacidade dos CIs (RHYNES, 2019).

Nesse sentido, para que aumente a densidade de transistores em um CI e, conseqüentemente, sua capacidade, é necessário que o tamanho dos transistores diminua. Essa redução de tamanho deve ocorrer a uma taxa de $\sqrt{2}$ para que seja mantida a versão geral da “*lei de Moore*”. Evidentemente, os transistores não podem ser reduzidos indefinidamente, atualmente já atingiram a escala nanométrica e são medidos de acordo com o comprimento do seu canal (MOORE, 1975; FILIPPIN, 2020).

Os avanços na tecnologia do processo de fabricação são normalmente descritos referindo-se a “nós”. O termo “nó” se refere ao tamanho em nanômetros das portas do transistor

nos circuitos eletrônicos. Geralmente, quanto menor o tamanho do nó, mais poderoso o chip, pois, mais transistores podem ser colocados em uma área do mesmo tamanho. (SIA, 2021b)

De 1970 até o presente já foram desenvolvidos transistores com as seguintes dimensões: 10 μm (1971), 6 μm (1974), 3 μm (1977), 1,5 μm (1982), 128 1 μm (1985), 0,8 μm (1989), 0,6 μm (1994), 0,35 μm (1995), 0,25 μm (1997), 0,18 μm (1999), 0,13 μm (2001), 90 nm (2004), 65 nm (2006), 45 nm (2008), 32 nm (2010), 22 nm (2012), 14 nm (2014), 10nm (2016), 7nm (2018), 5nm (2020). O Departamento de Defesa dos EUA (DoD, 2022, p. 32), apresenta uma divisão dos tipos CI's de acordo com o tamanho do nó:

Figura 7 - Classificação do DoD sobre os semicondutores de acordo com o tamanho do nó

Classificação	Nó de tecnologia	Uso primário por setor
Estado da Arte	<10 nm	Eletrônicos de consumo, computação avançada
Estado da Prática	10 nm a 90 nm	Comercial, automotivo e defesa
Legado	> 90 nm	Comercial, defesa

Fonte: Elaboração própria a partir de DoD (2022)

Assim, à medida que a indústria de semicondutores avança, os nós atualmente classificados como de última geração vão ficando para trás e se tornam tecnologias no estado da prática e, em seguida, tecnologias de “legado”.

Importante destacar que tecnologias de fabricação de nós anteriores podem ser adaptadas para produzir transistores de dimensões intermediárias. Como, por exemplo, adaptar os processos de produção de nodos de 22nm para produzir nós de 16 nm, entre 22nm e 14nm (FILIPPIN, 2020). Isso permite que uma fábrica avance em direção a nós mais sofisticados sem dominar aqueles no estado da arte. Além disso, a difusão do uso dos diferentes “nós” não é homogênea. Tomando o desenvolvimento de transistores de 10 nm como exemplo, apenas a Samsung se dedicou a produzi-los em larga escala, a TSMC “pulou” para os de 7 nm (WEI, 2017).

Ademais, não são todas as firmas que buscam o aumento de densidade dos CI's. De fato, as empresas que atuam em segmentos como inteligência artificial, 5G, smartphones, computadores pessoais demandam CI's com capacidade computacional cada vez maior. Em contrapartida, uma empresa que atue no segmento de segurança automotiva, por exemplo, “se

concentrará em chips com confiabilidade superior em vez de mais alto desempenho “. (MCKINSEY, 2020, p. 3).

Nesse sentido, nos mercados que demandam chips com maior conteúdo tecnológico (menores nós), prevalece a dinâmica de “winner takes all”, isto é, as firmas que oferecem um serviço ou produto ligeiramente mais sofisticado, terminam por conquistar uma fatia elevada do mercado. Se trata de um fenômeno que opera em toda a cadeia produtiva, dificultando ainda mais o catching-up na indústria. As empresas fornecem CI’s para esses segmentos, embora incorram em elevados custos, possuem elevadas margens de lucro que mais do que compensam os custos crescentes (MCKINSEY, 2020). Essa dinâmica, entretanto, opera apenas nos segmentos de maior conteúdo tecnológico, ou seja, naqueles produtos e serviços relacionados a CI’s de nódulos de 10 nanômetros ou menos. Assim, a medida que os nódulos vão ficando obsoletos, a dinâmica de “winner takes all” se dissipa.

O aumento constante da densidade dos Circuitos Integrados faz a indústria ser marcada por uma rápida evolução tecnológica que atinge todas as etapas do processo produtivo. Isto é, à medida que os nós diminuem, novas técnicas de design, manufatura e testagem são necessárias, requerendo novos equipamentos, EDA’s e, eventualmente, plantas de produção. Como consequência, o custo de produzir chips mais sofisticados apresenta uma tendência crescente (MCKINSEY, 2020; SIA, 2021B). De acordo com Filippin (2020, p. 136): “Os custos crescentes associados ao desenvolvimento de chips mais complexos e à construção de fábricas no estado da arte são os principais desafios econômicos que a indústria de semicondutores enfrenta. “

1.2.2. A “indústria 4.0”

Do ponto de vista econômico e político, creio que se poderia definir o Centro capitalista por três tipos de controles: o primeiro deles se exerceria sobre o processo de inovação tecnológica, o que supõe formas de organização capitalista nas quais estaria encarnado o poder financeiro; o segundo concerne à moeda e à finança internacionalizada, o que por sua vez pressupõe o poder industrial; o terceiro diz respeito ao poder político-militar, em última instância, o controle das armas. (DE MELLO, 1997, p.)

Partindo, então, de que o domínio das armas e da fronteira tecnológica são parte constituinte do controle associado ao centro capitalista, em um contexto de acirramento das disputas interestatais, deve ocorrer um acirramento nesses segmentos.

Com relação ao domínio da fronteira tecnológica e da inovação, a incorporação das tecnologias associadas a indústria 4.0 aparece como uma questão de primeira ordem para

economias centrais. (DIEGUES E ROSELINO, 2021). Na verdade, o próprio termo indústria 4.0 remete a um plano estatal alemão que deu origem a incorporação da indústria 4.0 enquanto bloco de tecnologias.

Vale destacar que Diegues e Roselino (2021), consideram que os esforços empreendidos pelos estados nacionais são o caminho para um novo paradigma tecnológico baseado na indústria 4.0, mas alguns autores como Cassiolato et al (p.65) argumentam que a indústria 4.0 ““longe de constituir-se em um novo paradigma tecno-organizacional[...] representam mais uma intensificação das principais características do paradigma das TICs.”

A despeito da indústria 4.0 ser ou não um novo paradigma tecno-econômico, ela pode ser definida a partir de um conjunto de sistemas tecnológicos que operam de forma integrada. Entre as tecnologias que compõe a chamada indústria 4.0 estão a inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), manufatura digital; computação em nuvem; Big Data⁷; robôs autônomos; comunicação sem fio e banda larga (5G, 4G) e tecnologias de virtualização (VIEIRA et al, 2021, p.14; BRIXNER et al, p. 27).

A incorporação dessas tecnologias aos componentes e dispositivos físicos formam os sistemas ciberfísicos, elemento constitutivo central na indústria 4.0. (BRIXNER et al, p. 27). Esses sistemas, na prática, ao tornarem os dispositivos “inteligentes” funcionam como junção do mundo físico ao mundo virtual. Os sistemas ciber-físicos, em geral, se baseiam em dois componentes principais, de acordo com Wang e Wan (2016, p. 2, tradução nossa): “(a) A conectividade avançada que garante a aquisição de dados em tempo real do mundo físico e o feedback de informações do ciberespaço; (b) capacidade inteligente de gerenciamento de dados, computacional e analítica que constrói o ciberespaço.”

Nesse sentido, o sistema ciberfísico é base da indústria 4.0 e depende, em grande medida, da indústria de semicondutores. O salto qualitativo na indústria eletrônica e na infraestrutura de telecomunicações, por exemplo, foi possível graças ao avanço das tecnologias da indústria de semicondutores.

⁷ ““Big Data” é comumente definido em termos de volume, velocidade e variedade (os chamados 3Vs). Para os dados serem considerados “grandes”, eles devem não apenas ter alto volume e alta velocidade, mas também vir em várias variedades.”. (BIS, 2021).

Em outras palavras, os semicondutores não só formam a infraestrutura básica para a incorporação da indústria 4.0, como, também, o seu desenvolvimento abriu caminho para a consolidação das tecnologias envolvidas nesse paradigma tecnológico.

Esse avanço reflete, em última análise, a “lei de moore” mencionada na seção anterior. Como discutido, boa parte das tecnologias que compõem a indústria 4.0 foram desenvolvidas décadas atrás e sua incorporação industrial se tornou possível devido ao aumento da capacidade computacional dos “chips” (WANG, 2015, p.4).

O aumento da capacidade computacional dos CI’s permitiu a criação de dispositivos com maior capacidade computacional aliada a incorporação de novas e mais complexas funções aos dispositivos eletrônicos (MOREIRA, 2022). Por conseguinte, a indústria de semicondutores é uma geradora de inovação e progresso tecnológico em todos os elos do complexo eletrônico⁸, gerando incentivo “à diferenciação e à incorporação de inovações tecnológicas aos bens finais nos diversos setores demandantes de circuitos integrados” (GUTIERREZ E LEAL, 2004, p. 20).

É importante destacar que a própria indústria de semicondutores se beneficia da introdução das tecnologias associadas a indústria 4.0. Moreira (2022) afirma que a indústria de semicondutores possui um grande acúmulo de dado que podem ser extraídos e analisados pelas ferramentas associadas a indústria 4.0, de modo a extraírem conhecimento e insights práticos para o desenvolvimento tecnológico do setor.

Assim, dominar a produção dos semicondutores e chips, sobretudo os de maior conteúdo tecnológico, não significa “apenas” garantir a oferta desses materiais, mas é fundamental para o desenvolvimento das tecnologias na fronteira do conhecimento. Em última análise, é justamente esse papel estratégico dos semicondutores na nova fronteira mundial que está por trás da disputa tecnológica envolvendo a China e EUA. Mas, como mostram Majerowicz e Medeiros (2018), os “chips”, também, desempenham um papel fundamental nos modernos sistemas de defesa, possuindo importantes utilidades militares.

O desenvolvimento tecnológico dos chips é essencial, por exemplo, para o avanço da IA que se tornou uma tecnologia crítica para o futuro dos sistemas de defesa (BAISAKOVA E KLEINHANS, 2020, pp. 5). De acordo com um documento do congresso estadunidense: “A

⁸ Para uma definição de complexo eletrônico ver Gutierrez e Alexandre (2003). Acessível em: <
https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2224/1/BS%2018%20Complexo%20eletr%C3%B4nico%20brasileiro_P.pdf>

vantagem técnico-militar competitiva de nossas forças armadas pode ser perdida na próxima década se elas não acelerarem a adoção da IA em suas missões. Isso exigirá casar a liderança de cima para baixo com a inovação de baixo para cima para colocar em prática aplicativos de IA operacionalmente relevantes.” (NSCAI, 2021, pp. 9).

1.2.3. Usos militares e cibersegurança nacional

Além de usos civis, os semicondutores, também, se tornaram vitais para as questões militares. De modo que, atualmente, os principais sistemas e plataformas de defesa avançados dependem de semicondutores para seu desempenho e funcionamento. Consequentemente, o acesso e funcionamento as cadeias de valor dos chips tornaram-se uma questão de segurança nacional. O DoD, por exemplo, tem na microeletrônica uma área de suprimento estratégico, sendo a manufatura um dos seus elementos viabilizadores (DOD, 2022, p. 7).

Como sugere um documento independente publicado pelo Congresso dos EUA:

[...] se um adversário em potencial supera os Estados Unidos em semicondutores a longo prazo ou de repente corta completamente o acesso dos EUA a chips de ponta, ele poderia ganhar vantagem em todos os domínios da guerra. (NSCAI, 2021, pp. 214, tradução nossa)

Seguindo um caminho próximo, as autoridades chinesas na resolução do 20º Congresso Nacional do Partido Comunista da China (PCC) sobre o Relatório do 19º Comitê Central deixaram claro:

[...] we must apply Xi Jinping's thinking on strengthening the military, implement the military strategy for the new era, and maintain the Party's absolute leadership over the people's armed forces [...] We must continue integrated development of the military through mechanization, informatization, and the application of smart technologies and work faster to modernize military theory, organizational forms, personnel, and weaponry and equipmen [...]. (STATE COUNCIL, 2022)

De acordo com Majerowicz e Medeiros (2018, pp., tradução nossa):

os semicondutores são vitais para a guerra moderna em várias frentes, desde armas modernas e operações no campo de batalha até a segurança cibernética. Como as TIC vêm impulsionando a revolução nos assuntos militares, os chips tornaram-se um bloco de construção da capacidade de defesa, sendo a base dos modernos sistemas de gerenciamento de batalha, armas, navegação, comunicação e espaço, considerados nos assuntos militares modernos como multiplicadores de força.

Armas modernas e equipamentos de guerra

Os semicondutores de maior conteúdo tecnológico, como chips no estado da arte, são parte essencial dos sistemas e armas militares avançadas, como munições guiadas de precisão, armas hipersônicas e sistemas de satélite (DOD,2022, p.32). Mas, como sugere Gargeyas (2022, p. 44), os semicondutores mais elementares seguem desempenhando um papel importante e, mesmo esses, estão se tornando mais sofisticadas, acompanhando demandas militares mais complexas.

As Redes de Sensores Wirelles (WSN), por exemplo, são grupos dispersos de nódulos conectados por wireless e tem sua origem nas estruturas militares. Atualmente, são usados para monitoramento, vigilância de combate e detecção de invasores (KADRIS, et al, 2020). As WSN's compõem a estrutura das aeronaves e veículos militares, sendo utilizados na otimização dos diagnósticos e na execução de verificações de condição física (GARGEYAS, 2022, p. 45-46).

Os Chips de memória, especificamente as memórias não voláteis (NV) capazes de reter dados mesmo se a fonte de energia cair, estão ganhando aderência como um componente para os veículos autônomos. Uma das vantagens desse sistema é sua capacidade de resistência, se mantendo ativos mesmo em situações de elevada temperatura. Os sistemas eletro-ópticos (EO) tem aumentado de importância devido a sua capacidade de melhorar o entendimento sobre os ambientes de atuação, em especial em condições de pouca luminosidade ou condições meteorológicas desfavoráveis (GARGEYAS, 2022, p. 46-48).

A indústria de semicondutores guarda, ainda, uma relação próxima com as tecnologias militares no que diz respeito ao fornecimento de microcontroladores, dispositivos lógicos e dispositivos discretos.

Os microcontroladores são circuitos integrados únicos geralmente acoplados em sistemas embarcados, realizando um conjunto de tarefas pré-definidas. Esse tipo de semicondutores são componentes vitais para os sistemas de satélites. Os dispositivos lógicos são voltados, atualmente, para expansão da inteligência artificial e machine learning. Já os dispositivos discretos têm como fonte demanda a necessidade crescente dos militares por dispositivos LED's, OLED's e LCD's (GARGEYAS, 2022, p. 48-51).

Nesse sentido, seguindo o sugestivo caminho adotado por Dunne e Sköns (2021), que usam o desenvolvimento tecnológico dos EUA como referencial para as trajetórias tecnológicas da indústria de armas, é possível identificar os principais usos dos semicondutores. Um dos

elementos analisados por esses autores diz respeito aos contratos firmados pelo DoD, entre quais há um grande peso de contratos voltados para o armazenamento em nuvem.

Esse tem sido um segmento que ganhou notável atenção do departamento de defesa desde 2018. O Departamento de Defesa dos EUA (DoD), por exemplo, está em processo de conceder um contrato potencialmente no valor de US \$ 10 bilhões para o Joint Enterprise Defense Infrastructure (JEDI), um sistema de infraestrutura em nuvem. O objetivo é criar um sistema para armazenar, processar e conectar uma enorme quantidade de dados classificados em uma única arquitetura unificada, permitindo que os militares dos EUA melhorem a comunicação com os soldados em campo de batalha e aproveitem a inteligência artificial (IA) para acelerar suas habilidades de planejamento e combate à guerra. (Dunne e Sköns, 2021, pág. 1). Esse projeto aponta para outra tendência militar atualmente, isto é, o uso de inteligência artificial⁹.

A IA depende de grandes quantidades de dados para aprender e melhorar suas habilidades, assim com Big Data, as máquinas podem processar e analisar grandes conjuntos de dados de forma mais rápida e precisa, identificando padrões e gerando insights mais relevantes e úteis (SZABADFÖLDI, 2021, p. 162-164). A manutenção de grandes volumes de dados em espaços físicos, por sua vez, encontra grandes limitações, por vezes se tornando insuficiente. Esse cenário, torna o armazenamento em nuvem crucial para a inteligência artificial e para o Big Data.

O Pentágono, por exemplo, está buscando maneiras de utilizar a inteligência artificial (IA) para obter vantagens em áreas como autonomia em campo de batalha, análise de inteligência, registro de dados, manutenção preditiva e medicina militar. A integração da IA no desenvolvimento de sistemas de armas, aprimoramento dos operadores humanos com manobras robóticas guiadas por IA no campo de batalha e a melhoria da precisão dos ataques militares são algumas das metas (OTAN, 2020, p. 53-54).

⁹ A Inteligência Artificial (IA) passou por três estágios de desenvolvimento desde a sua criação há cerca de setenta anos. No primeiro estágio, os desenvolvedores de IA focaram em abordagens baseadas em regras, como árvores de decisão, lógica booleana e lógica fuzzy, criando os chamados sistemas especialistas. No segundo estágio, a atenção foi voltada para o desenvolvimento e aplicação de métodos estatísticos, resultando no conceito e metodologia de aprendizado de máquina. Isso permitiu a criação de soluções como filtros de spam de e-mail e motores de busca na internet. O terceiro estágio, que está em andamento, introduziu o uso de métodos de aprendizagem semelhantes aos humanos, como as redes neurais, definindo o conceito e a tecnologia de aprendizagem profunda, e provou ser bem-sucedido em tarefas de percepção e reconhecimento. (OTAN, 2020, p. 51-52).

A IA já tem profundas implicações em áreas como armamentos nucleares, guerra da informação, materiais e biotecnologias, tecnologia aeroespacial, mas espera-se um grande impacto nos sistemas de Comando, Controle, Comunicações, Computadores, Inteligência, Vigilância, Reconhecimento, com as unidades de combate usando sistemas autônomos para IA capazes de realizar tarefas consideradas "entediantes, sujas, perigosas ou caras" e fornecendo suporte de decisão para cenários de guerra. A fusão de dados com suporte de IA, categorização e segmentação fornecem aos analistas de inteligência maior capacidade de TCPED (tarefa, coleta, processamento, exploração e disseminação) e recuperação de informações (SZABADFÖLDI, 2021, p. 160-161; OTAN, 2020, p. 13-19).

CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO E ESTADO NA ECONOMIA DE TAIWAN

O objetivo desse capítulo é apresentar de forma sucinta a literatura mais geral sobre o desenvolvimento econômico no leste asiático, bem como discutir como evoluiu o Estado Desenvolvimentista em Taiwan, apresentando de forma breve as contradições internas e a geoeconomia do desenvolvimentismo taiwanês.

2.1. Notas teóricas sobre a instituições, desenvolvimento e as explicações dos “milagres” no leste asiático

A experiência de desenvolvimento dos tigres asiáticos (Taiwan, Coreia, Hong Kong e Singapura) e do Japão estão entre os casos de “catching-up” exitosos na segunda metade do século XX, suscitando, naturalmente, diversos debates e explicações. Entre as formulações que ganharam maior destaque estão as contribuições de Chalmers Johnson (1982); Wade (1990) e Amsden (2001).

Esses autores enfatizaram a formação de Estados Desenvolvimentistas como principal fator explicativo para o sucesso desses países. De acordo com Chang (2006) alguns elementos comuns perpassaram todas as experiências referenciadas como, por exemplo, proteção tarifária e não tarifária pesada; proteção à indústria nascente via proibição de novos entrantes em determinados setores; crédito subsidiado; políticas de compras públicas; pirataria; cópia de tecnologia estrangeira e os esforços crescentes para financiar pesquisa e desenvolvimento (P&D) alinhada a arranjos institucionais voltados para desenvolvimento tecnológico.

Nesse sentido, para que tais medidas fossem possíveis e colocadas em prática, esses Estados contavam uma burocracia competente; um sistema político no qual a agenda do Executivo se sobrepunha aos Poderes Legislativo e Judiciário; uma política estatal orientando o setor privado e, finalmente, uma agência-piloto de planejamento vanguardista (Johnson, 1982: p.314-32). Além disso, no Estado desenvolvimentista, como caracterizado por Wade (2018), o poder burocrático é centralizado em um ou alguns ministérios dominantes, o Banco Central atua em conformidade com a estratégia nacional de desenvolvimento e o setor bancário inclui uma grande presença de bancos estatais.

Amsden (1989), por exemplo, ao analisar a trajetória de modernização da Coreia do Sul, sob o regime militar do General Park Chung-Hee (1963-1979) destaca a atuação “vanguardista” do Economic Planning Board, órgão burocrático tomador de decisões. Esse

organismo atuou de forma análoga ao MITI japonês, descrito por Johnson (1982) como o organismo planejador que atuava em consonância com a classe empresarial japonesa.

Já Wade (1992) analisa o caso de Taiwan, enfatizando o papel do Kuomintang (KMT) que, ao menos durante as décadas 1950-80 direcionou investimentos públicos para setores-chave, fomentou a exportação de manufaturas, ao mesmo tempo que manteve elevado protecionismo e estabeleceu parceria com firmas estrangeiras, a fim de acelerar a apropriação de tecnologias estrangeiras. Isto, considerando uma agência ou ministério que atuasse como meio para o Estado “governar” os mercados. Este foi o caso, por exemplo, do Conselho de Planejamento e desenvolvimento Econômico (Council for Economic Planning and Development – CEPD), no final da década de 70.

Em suma, como destaca Wade (1992, p.342, tradução nossa):

De fato, o mecanismo econômico central do estado desenvolvimentista capitalista é o uso do poder estatal para alavancar o excedente investível da economia, assegurando que uma alta porção seja investida na capacidade produtiva dentro do território nacional, guiando os investimentos para indústrias que sejam importantes para a capacidade da economia de sustentar maiores salários no futuro e expondo os projetos de investimento a pressões competitivas internacionais seja direta ou indiretamente.

Entretanto, não é suficiente discutir o que os Estados nacionais fizeram e fazem, sendo necessário investigar por que cumprem ou não determinadas funções, ademais, em alguma medida, todos os governos foram intervencionistas, embora, nem todos contassem com os meios necessários para atingir os objetivos. Nesse sentido, a literatura institucionalista mencionada acima ao tratar do leste asiático tem, entre suas incompletudes, dois elementos principais, como sugerido por Medeiros (2010):

- I. A relação entre poder político e poder econômico
- II. O nacionalismo metodológico

Quanto a primeira questão, os autores institucionalista tendem a um formalismo excessivo e o Estado Desenvolvimentista do Leste Asiático assume uma forma caricaturada, sendo retratado como uma autoridade burocrata visionária apartada da sociedade (Nogueira e Hao, 2018). Deste modo, “há uma questão de fundo não satisfatoriamente desenvolvida [...] sobre a relação entre interesses materiais, classes sociais e o poder político nas trajetórias de desenvolvimento econômico” (Medeiros, 2010, p. 643). Ademais, tendem a assumir uma dicotomia simples entre "mercados versus Estados", quando na realidade os Estados e mercados se relacionam de maneira complexa.

Já o segundo problema, refere-se ao nacionalismo metodológico, isto é, as explicações institucionalistas se baseiam excessivamente em fatores circunscritos às dimensões nacionais. Com isso, o sucesso econômico nacional é, principalmente, atribuído a fatores nacionais, como política ou cultura, deixando de lado a interação entre fatores internos e externos. Isso pode levar a uma subestimação do papel de fatores externo na formação das trajetórias de desenvolvimento (Gore, 1996).

Assim, o caminho seguido nas próximas seções parte das contribuições feitas pelos autores institucionalistas de que a intervenção estatal em larga escala foi essencial para que Taiwan obtivesse êxito no catching-up produtivo. Contudo, é necessário incorporar como os conflitos internos e externos condicionaram e possibilitaram a trajetória de desenvolvimento taiwanesa. Isso é especialmente relevante para a indústria de semicondutores, como argumentado no Capítulo 3, uma vez que seu desenvolvimento em Taiwan foi condicionado por essas dinâmicas e delas resultou.

Ademais, serão feitas algumas considerações sobre o processo de desenvolvimento, tomando como ponto de partida dois fatos estilizados e suas respectivas explicações. Em primeiro lugar, está a queda da participação do emprego na agricultura à medida que avança o desenvolvimento econômico, este compreendido como crescimento associado a mudança estrutural. Esse movimento é resultado do aumento da produtividade na agricultura e da mudança na estrutura da demanda que se torna mais complexa. Já o segundo fato estilizado diz respeito à associação entre a taxa do investimento e a taxa de crescimento. Aqui, a expansão contínua do investimento é compreendida como decorrente do nível e da taxa de crescimento da demanda final, isto é, gastos do governo, consumo e exportações, pelo efeito do acelerador. Assim, são os efeitos multiplicado e acelerador que combinados conectam a taxa de investimento a taxa de crescimento (Medeiros e Serrano, 2004).

Em relação às exportações, um comentário adicional se faz necessário. Além de compor demanda final, afetando o ritmo e crescimento, as exportações são uma importante fonte de divisas e, portanto, cumprem um papel central no financiamento internacional. A escassez de divisas e, conseqüentemente, a restrição externa ao crescimento são um dos problemas típicos que economias em desenvolvimento enfrentam (SERRANO, 2002).

Dessa forma, o autor desta dissertação parte de uma longa tradição que combina contribuições do estruturalismo latino-americano, destacando a noção de centro-periferia formulada por Raul Prebisch, com os desenvolvimentos da chamada escola de Cambridge.

Como sugerido por Vernengo e Caldeney (2023), a combinação dessas duas tradições abre espaço para a compreensão das diferentes trajetórias de capitalismo a partir das fontes de variações institucionais, as quais decorrem política, do poder de tomar emprestado na própria moeda e do conflito de classes; da compreensão dos mercados como instrumentos para acumulação e não alocação de recursos; e Expansão da demanda limitada por fatores políticos e geopolíticos.

Como discutido nas próximas duas seções, a formação institucional de Taiwan foi resultado da intervenção dos EUA na guerra civil chinesa como consequência do impacto geopolítico da Guerra Fria na Ásia. De forma resumida, com a ajuda dos Estados Unidos, o KMT colocou em prática uma estratégia de desenvolvimento econômico com um grande papel do governo, cujo êxito foi um fator-chave para que o KMT mantivesse o controle do Estado por décadas, incluindo uma limitada liberalização nos anos 1970. Essa tendência seria revertida de forma mais ampla somente após 1986 (Dickson, 1993).

2.2. O Estado desenvolvimentista taiwanês (1950-2020)

Com a derrota do Japão na Segunda Guerra Mundial, Taiwan voltou para a China, mais precisamente para a República da China que era a forma constitucional do partido nacionalista (Kuomintang, ou KMT), este envolvido em uma longa guerra civil com o partido comunista chinês. Em 1949, o exército nacionalista foi dominado e seu líder, Chiang Kai-shek, recuou para Taiwan (Wade, 1992)¹⁰. A formação do Estado taiwanês, portanto, tem início com a vitória do Partido Comunista Chinês (PCCH) e o deslocamento do Kuomintang (KMT) para a ilha de Formosa. Nesse momento, o líder do KMT, Chiang Kai-Shek, contou com o apoio dos EUA para a instauração do governo de Taiwan.

2.2.1. Industrialização guiada pelo estado (1950-1970)

Em geral, o processo desenvolvimento está sujeito a disputas internas de poder, de modo que, nem sempre, os interesses de uma classe dominante coincidem com as necessidades de um processo de industrialização, tampouco encontram as condições internacionais favoráveis. Nesse sentido, o Kuomintang teve uma coincidência dupla ao se estabelecer em Taiwan, em primeiro lugar se instaurou em uma região na qual praticamente não encontrou resistência

¹⁰ Para uma discussão sobre a presença japonesa em Formosa ver Rubinstein (2015).

organizada e, em segundo, pode recomeçar tendo apreendido com o fracasso na guerra civil chinesa. (Dickson, 1993).

O Kuomintang, portanto, pôde começar do zero em um novo local, levando as lições aprendidas para aplicá-las em um novo contexto com baixa resistência das lideranças regionais. Com a derrota para o Partido Comunista da China, o Kuomintang se deslocou para a até então Ilha de Formosa. De acordo com Wade (1992): “Entre um e dois milhões de soldados e civis se espalharam por uma ilha de seis milhões de habitantes.”

Com isso, o Kuomintang ao chegar à Ilha de Formosa praticamente não tinha conhecimento ou laços com Taiwan. Os habitantes da ilha não tinham movimento político ou força armada para desafiar seu domínio. Enfrentando nenhuma oposição interna e não tendo uma base social em Taiwan, o governo nacionalista tinha uma margem de manobra excepcionalmente ampla (Dickson, 1993). Além disso, o KMT contou com os ativos produtivos “herdados” do período colonial japonês (Wade, 1992).

Nesse contexto, o KMT teve tempo e espaço para uma reformulação interna e reestruturação intrapartidária cujo resultado retomou as origens leninistas que conduziram o partido na década de 20. Essa retomada ocorreu apenas no plano organizacional (Dickson, 1993; Moura, 2021). A necessidade de uma reforma organizacional pode ser atestada pelo diário do próprio Chiang Kai-shek que, em 1949:

A maior razão para a nossa derrota foi que nunca fomos capazes de estabelecer um novo e sólido sistema organizacional. O antigo há muito tempo havia se deteriorado e desmoronado. Nesta fase crucial entre o antigo e o novo, perdemos os meios básicos para reconstruir e salvar nosso país. É por isso que fomos derrotados. (tradução nossa, Myers e Lin, p.p. 10, 2007)

Assim, em 5 de agosto de 1950, Chiang designou o Comitê Central de Reforma (CRC) formado por 16 membros para levar adiante seis objetivos principais. Primeiro, transformar o KMT em um partido revolucionário-democrático; segundo recrutar camponeses, trabalhadores, jovens, intelectuais e capitalistas; terceiro, aderir ao centralismo democrático; quarto, estabelecer a equipe de trabalho (xiao zu) como a unidade organizacional básica; quinto, manter altos padrões de liderança e obedecer às decisões do partido; e sexto, adotar os Três Princípios do Povo de Sun Yat-sen como a ideologia do KMT (Dickson, 1993; Myers e Lin, 2007; Wang, 2015)¹¹

¹¹ Transformar o KMT em um partido revolucionário-democrático foi um dos primeiros pontos a ser colocado em prática. Para um aprofundamento das causas que levaram ao retorno do formato institucional preconizado por

Com isso, os líderes do partido buscavam atingir “uma hierarquia partidária mais centralizada; uma penetração maior do governo junto à sociedade; a concentração do poder decisório em comitês partidários sob ordens de Chiang; e [...] a eliminação de parte considerável do faccionalismo interno do KMT” (Moura, 2022, p. 279).

A partir dessas reformas, o KMT formou uma rede de células e comitês para supervisionar os trabalhos do governo e órgãos legislativos em todos os níveis, de modo que tornou difícil determinar em que ponto começava o partido e em que ponto “começava” o Estado¹² (Dickson, 1993).

Entre as explicações para esse movimento estão as lições aprendidas com a derrota para o PCCCH na China. O diagnóstico do KMT era de que parte da derrota se devia ao fato de terem ignorado as condições socioeconômicas dos trabalhadores rurais e urbanos na China continental e, portanto, essas questões precisavam ser revistas em forma. Como sugere Wade (1992, p. 260, tradução nossa), o diagnóstico do KMT acerca da derrota na China continental passava por cinco razões principais:

[...] (1) os arrendatários agrícolas se rebelaram contra a exploração pelos senhores, enquanto os nacionalistas continuaram sendo identificados com os senhores; (2) os sindicatos trabalhistas saíram de controle; (3) banqueiros e financiadores também se soltaram, alimentando uma inflação catastrófica; (4) o governo se tornou submisso aos "interesses privilegiados"; e (5) a disciplina partidária desmoronou.

O contexto interno do Partido e da própria realidade taiwanesa foram complementados por uma mudança da política dos EUA em relação a Taiwan, como consequência da Guerra da Coreia no meio de 1950 (Wade, 1992). A derrota do KMT na China continental apontava para um “abandono” do partido por parte dos EUA até que em 1950 eclode a guerra da Coreia. Nesse momento, o então presidente Harry Truman (1945-1953) reviu sua política com relação à Ásia e enviou a Sétima Frota dos EUA ao Estreito de Taiwan de modo a dar salvaguardas de segurança nacional à ilha. Ademais, o Tratado de Defesa Mútua entre Taiwan e os Estados Unidos, assinado em dezembro de 1954, assegurou a situação taiwanesa (WANG, 2015). Os norte-americanos enviaram, também, recursos financeiros diretos, bens de consumo e bens de capital, contribuindo para a manutenção do KMT no poder na ilha. Wade (1992, p. 82) estima

Sun Yat Sen ver: (Gold, 1986; Dickson, 1993; Myers e Lin, 2007; Moura, 2022). Já para o conceito de partido revolucionário-democrático formulado por Lênin ver: Lenin (2006).

¹² Para descrição específica da estrutura político-institucional do Estado taiwanês ver: Moura (2021), Mengin (2015).

que “a ajuda econômica representou cerca de 6% do PIB e quase 40% do investimento bruto” ao longo da década de 50.

Além da ajuda econômica, a assistência militar dos EUA contribuiu por meio da presença das tropas norte-americanas na ilha em decorrência do conflito no Vietnã. (Chang, 1965). É central destacar ainda a concessão, por parte do governo americano, do status de Nação Mais Favorecida (Most-Favored-Nation ou MFN) a Taiwan, permitindo à ilha vender seus produtos ao mercado consumidor estadunidense sem discriminações tarifárias, acelerando a inserção exportadora a partir da abertura unilateral do seu mercado (MEDEIROS E SERRANO, 1997, MOURA, 2021).

Essas transformações internas do Kuomintang e a formação de um Estado com relativa autonomia frente às antigas classes agrárias do período colonial japonês em um contexto de alinhamento aos EUA criaram as condições para as reformas econômicas, agrárias e industriais que deram início a um vigoroso processo de industrialização guiada pelo Estado. Assim, após a reforma do Kuomintang e a instalação do partido na ilha de Formosa (1950-1952), as transformações guiadas pelo Estado começaram a se intensificar.

Do lado das reformas econômicas, uma das primeiras questões enfrentadas pelo KMT foi a implementação de uma reforma agrária que, ao mesmo tempo que “eliminava” o poder de classes agrárias locais, abria espaço para o aumento da produção em um território pobre em recursos naturais (MOURA, 2021). Essa reforma foi facilitada pelo fato do KMT não ter relação com as classes dirigentes de Taiwan. De modo geral, a reforma agrária se pautou pela transferência das terras de proprietários japoneses e redistribuição de terras acima de três hectares alugados para os arrendatários. (DICKSON, 1993; MYERS E LIN, 2007). Ainda sobre as reformas na agricultura, o KMT investiu pesado em infraestrutura rural e irrigação, o que, aliado à reforma agrária, abriu espaço para o crescimento da produtividade agrícola, gerando excedente para financiar o resto da economia na década de 50 (WADE, 1992).

Na década de 50, entretanto, Taiwan dependia da importação de produtos básicos como matérias-primas e equipamentos industriais, ao passo que poucos itens eram exportados. Essa dinâmica gerou um enorme déficit comercial e, conseqüentemente, uma séria escassez de reservas estrangeiras. Para lidar com essa situação, o governo adotou uma estratégia de industrialização por substituição de importações com foco em indústrias leves intensivas em mão de obra. A fim de levar adiante o processo de industrialização nesse período, como a maioria dos países em subdesenvolvidos, Taiwan tinha planos de desenvolvimento plurianuais.

Os dois primeiros planos, inclusive, foram formulados pelo Conselho de Estabilização Econômica que fora estabelecido em 1951 a pedido da missão da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (WANG, 2015). O primeiro plano plurianual (1953-1956) enfatizou o desenvolvimento de eletricidade, fertilizantes e têxteis. Isso ocorreu, pois, a eletricidade era a base para todas as outras indústrias, enquanto fertilizantes e têxteis eram duas commodities importadas com elevado peso nas importações de Taiwan. Já o segundo plano (1958-1961) concentrou-se em indústrias pesadas, indústria de defesa nacional, tecnologia avançada e cooperação regional, sendo um plano mais sofisticado com metas para a taxa de crescimento, bem como para a parcela do investimento destinado aos principais setores. (WADE, 1992, p. 81)

No final da década de 50 alguns rearranjos começam a ocorrer, Conselho de Estabilização Econômica é dissolvido em 1958 e o Conselho de Ajuda dos Estados Unidos passa a ser responsável pelo planejamento econômico, recebendo orientações de autoridades americanas para acelerar o crescimento econômico de Taiwan (Wang, 2015). Assim, estimulados pela promessa de ajuda adicional dos Estados Unidos, a burocracia taiwanesa elaborou, em conjunto com o Conselho para a Ajuda Americana, um abrangente programa de reforma econômica e financeira em 1960, incluindo uma nova direção da industrialização, de modo que o Terceiro Plano¹³ (1961-64) plurianual passou a enfatizar a necessidade de acelerar o crescimento da indústria pesada, visto como essencial para a produção de bens de capital (Wade, 1992, p. 87). Conforme Chang (1965, p. 153): “O destaque especial do Terceiro Plano está, portanto, no setor industrial, exportações, indústrias produtoras de energia (plásticos, vidro e cimento) e indústrias pesadas como aço, máquinas, construção naval, automóveis, bem como gás natural e petróleo.” Vale destacar que, embora o foco dado por este trabalho seja sobre quais setores foram selecionados, a reforma alterou institucionalmente diferentes aspectos da economia taiwanesa, como o sistema financeiro, a política cambial e a política monetária¹⁴ (WADE, 1992).

Nesse período, contando com apoio dos EUA, o KMT, além da repressão política contra os movimentos ligados ao mundo do trabalho, tinha como método manipular eleições regionais, evitando a eleição de candidatos independentes. Ademais, ao controlar a emissão de licenças

¹³ Wang (2015) nota que o governo, também, estimulou o investimento em indústrias intensivas em mão de obra, que não demandavam grandes quantidades de capital para absorver o excedente de trabalhadores advindos da agricultura.

¹⁴ Para uma discussão sobre as reformas empreendidas nessas áreas ver: Wade (1992), Wang (2015), Tsai (1999), Gold (1986).

em negócios como bancos, seguros, transporte, radiodifusão, títulos e navegação, se configurou um imbricamento entre a classe empresarial, o Estado e o partido (WANG, 2015). Em certa medida, foi o KMT que criou uma elite empresarial em Taiwan, tornando desafiador estabelecer uma divisão rígida entre o Estado e o mercado. Na verdade, pode-se argumentar que os "mercados" em Taiwan foram, em grande parte, criados pelo próprio Estado que, por sua vez, foi o resultado da chegada de um partido militarizado à ilha de Formosa como consequência da intervenção dos EUA na Guerra Civil Chinesa.

Em 1963 começa uma mudança nos organismos institucionais responsáveis por planejar os planos plurianuais, de modo que os dirigentes políticos do KMT reorganizam o Conselho de Ajuda Econômica no Council for International Economic Cooperation and Development (CIECD¹⁵) que se tornou uma agência centralizadora do poder decisório, coordenando o Ministério de Assuntos Econômicos e o Ministério das Finanças (WADE, 1992; HAGGARD, 2013). O CIECD era formado por tecnocratas indicados pelo poder executivo que, em geral, eram engenheiros e cientistas (GOLD, 1986).

O 4º Plano Plurianual, elaborado pelo CIECD, mudou os setores priorizados, deslocando, de vez, o foco do setor leve para indústria pesada, sobretudo petroquímica e siderurgia. Ademais, o governo começa a promover a produção de maquinários elétricos e eletrônicos mais simples como rádios, transistores, componentes eletrônicos e relógios. A ideia por trás do plano era a necessidade de dominar a produção de bens de exportação de maior elasticidade renda e baixos custos de transporte (WADE, 1992). Ao seguir essas direções, o plano de 1965-68 afirmava: "seremos capazes de nos adaptar à situação em mudança no mercado mundial, provocada pelo rápido progresso industrial das nações emergentes e pelo aumento da sofisticação das indústrias dos países desenvolvidos" (CIECD apud WADE, 1965). Dando sequência ao desenvolvimento prioritário determinado pelo KMT, o 5º PPA adicionou como prioridade intensificar a produção de bens derivados de petróleo. Já o 6º e último plano plurianual feito sob liderança de Chiang Kai Shek reafirmou a necessidade ampliar as exportações com atenção para setores petroquímico, de maquinários elétricos, máquinas de precisão, terminais e peças periféricas de computadores identificados como favoráveis para conseguir parceria entre empresas nacionais e estrangeiras (WADE, 1992; TSAI, 1989).

Do ponto de vista geopolítico, enquanto Taiwan conseguia se manter como representante única da "China" na ONU, mantendo vivo o desejo de reunificação, a Guerra do

Vietnã (1955-1975) teve um efeito ambíguo sobre o país que, por um lado, teve um valor estratégico para as forças americanas, mas, por outro, acelerou a busca dos EUA por entendimento com a RPC (WADE, 1992).

Nesse sentido, o final dos anos 60 inícios dos anos 70 foram marcados por algumas instabilidades para a autonomia do KMT. Do ponto de vista internacional, a reaproximação diplomática dos EUA e a República Popular da China, portanto, reduziu a importância geopolítica de Taiwan que, até então, fora um protetorado militar norte-americano com “a pretensão irrealizável de “reconquistar” e “reunificar” a China” (FIORI, 2021).

Em julho de 1969 tem início a reaproximação entre os EUA e a RPC. O então presidente Richard Nixon adotou uma redução lenta do envolvimento militar em países asiáticos como Taiwan e Coreia do Sul, além disso, o início da década de 70 foi marcado pelo primeiro choque do petróleo, pressionando custos de produção (MOURA, 2022; GOLD, 1986).

Conforme Fiori (2021):

“a situação mudou radicalmente depois da assinatura do Comunicado de Shanghai, em 1972, que consagrou a reaproximação entre os dois países depois do reconhecimento, por parte dos EUA, de que o território de Taiwan faz parte e é inseparável do território chinês, porque só existe uma China, com capital em Pequim. Depois desse reconhecimento, os EUA transferiram sua embaixada para Pequim, cancelaram o Acordo de Ajuda Mútua com Taiwan, desmontaram sua base militar na ilha e finalmente retiraram suas tropas do território de Taiwan. E foi esta vitória chinesa que abriu as portas para a integração econômica que transformou em poucos anos Taiwan no segundo maior investidor “estrangeiro” na economia continental da China.”

Ainda em 1969, conforme Moura (2021, pp. 316), o governo taiwanês voltou “a realizar eleições suplementares para a Assembleia Nacional a cada seis anos e para o Yuan Legislativo a cada três anos”¹⁶. Com isso, a participação de taiwaneses nativos¹⁷ na estrutura do sistema político aumentou, embora a hegemonia ainda fosse de taiwaneses chegados em 1949 e associados ao KMT (GOLD, 1986). Em outras palavras, o Kuomintang seguia dominando as estruturas decisórias.

Além disso, é necessário destacar como o Estado de Taiwan “chega” na década de 70. Ao longo das décadas 50 e 60, para além do papel desempenhado pelas empresas estatais e pelo

¹⁶ De modo geral, a Assembleia Nacional era responsável por realizar emendas a constituição e eleger o presidente da República, ao passo que o Yuan Legislativo tinha como função legislar e aprovar o orçamento (MOURA, 2021).

¹⁷ Taiwan, do ponto de vista étnico, é composta basicamente por chineses de etnia Han. Estes se dividem em dois grupos principais, aqueles descendentes dos chineses que chegaram durante a dinastia Qing e os chamados “mainlanders” que chegaram junto ao KMT em 1949 (SCHUTTE, 2021).

setor público como um todo, se configurou um embricamento entre o Kuomintang e empresas não estatais, de modo que muitos dos proprietários dessas empresas eram membros do partido e aqueles que não fossem acabavam cooptados por meio do controle estatal sobre o crédito e sobre as indústrias *upstream* (CHENG, 1990).

Nesse momento, a estrutura social taiwanesa era marcada, essencialmente, por uma divisão étnica entre taiwaneses nativos e aqueles oriundos da China continental (SCHUTTE, 2021). Essa estratificação foi consequência da formação do Estado de Taiwan com a chegada do KMT, de modo que os “*mainlanders*” compunham em maioria a classe empresarial privada ou pública. Em geral, as empresas públicas eram monopólios herdados da China continental cujos cargos altos e médios eram ocupados majoritariamente por “*mainlanders*” (MOURA, 2021).

É importante notar, também, que, pelo menos até o final dos 70, governo taiwanês limitava o tamanho das firmas, limitando, portanto, o ganho de escala e a interação vertical dessas firmas (HAGGARD E ZENG, 2013). Como será discutido no próximo capítulo, essa dinâmica condicionou o desenvolvimento da indústria de eletrônicos que “seguiu” a especialização em apenas uma etapa do projeto produtivo.

Nesse contexto, o 6º PPa foi interrompido e substituído pelo 7º PPa que passou a vigorar para o período de 6 anos com um caráter de longo prazo, mirando “atualizar métodos de produção industrial por meio dos Dez Principais Projetos de Desenvolvimento e do Programa de Desenvolvimento Rural Acelerado” (TSAI, 1989, pp. 27). Essas mudanças foram consequências da morte de Chiang Kai-Shek em 1975, da ascensão de Ching-kuo¹⁸ ao cargo de primeiro-ministro e do choque do petróleo (TSAI, 1999; TSAI, 1989; WADE, 1992).

Durante a década de 70 ocorreram mudanças importantes, também, no arranjo institucional referente à formulação e execução dos planos plurianuais. Em 1973, o CIECD foi rebaixado e suas atribuições foram redistribuídas entre diferentes ministérios e o recém-criado Conselho de Planejamento Econômico (EPC) (GOLD, 1986; WANG, 2015). Nesse cenário de desmonte do CIECD, o Ministério dos Assuntos Econômicos acumulou funções e prerrogativas de planejamento setorial por meio do Industrial Development Bureau (IDB) (WADE, 1992).

¹⁸ Nesse sentido, como sugere Tsai (1999) as reformas conduzidas por Chiang Ching-kuo apontavam para uma ampliação da capacidade de planejamento estatal. Ainda, Ching-kuo era um admirador do modelo de planificação soviético, herança do seu treinamento na URSS, onde viveu e estudou entre os 15 e 27 anos. Para uma discussão mais aprofundada sobre o impacto ideológico do planejamento soviético sobre Ching-kuo ver Zhao e Baihao (2018).

O EPC não “durou” muito e em 1977 deu lugar ao Conselho de Planejamento e desenvolvimento Econômico (Council for Economic Planning and Development - CEPD). O CEPD centralizou o processo decisório no âmbito do macroplanejamento, estabelecimento de prioridades, coordenação e avaliação (GOLD, 1986). Enquanto o Ministério dos Assuntos Econômicos seguiu com a função de determinar e detalhar o planejamento setorial.

Assim, de forma resumida, na década 70, o KMT reafirmou sua liderança econômica por meio do 7º PPa e dos Dez Principais Projetos de Desenvolvimento, de tal forma que o papel de empresas estatais se expandiu ao longo da década de 1970 com sua participação na formação bruta de capital fixo aumentando de cerca de 28 por cento nos anos 1960 para cerca de 33 por cento na década de 70 (Wade, 1992, p. 96).

Dessa forma, a reafirmação das capacidades de planejamento do governo se deu em uma década que começou com uma desaceleração do crescimento, crise do petróleo e, sobretudo, a reaproximação dos EUA com a China, isolando o país. À medida que o KMT se misturava com o próprio Estado taiwanês e com a classe empresarial, o reconhecimento da China continental como única China foi uma ameaça à soberania de Taiwan e ao próprio Kuomintang.

É nesse cenário que Taiwan orienta, não à toa, sua estratégia de desenvolvimento para setores de maior conteúdo tecnológico. Com efeito, essa não foi uma orientação exclusiva da tecnocracia, os militares taiwaneses, que mantinham estreita colaboração com empresas estatais ou empresas privadas, defendiam uma incursão mais assertiva nas indústrias eletrônica e pesada. É importante destacar que o segundo choque do petróleo em 1979-80, também, aumentou o ímpeto do Estado taiwanês em direcionar sua estratégia de indústria para atividades menos intensivas em energia e mais intensivas em tecnologia, como máquinas-ferramenta, semicondutores, computadores, telecomunicações, robótica e biotecnologia (WADE, 1992).

Aqui vale uma observação, embora as análises sobre o setor militar em Taiwan para o período sejam limitadas, alguns autores¹⁹ sugerem que os militares tiveram um peso importante na orientação dessa estratégia em direção a indústria eletrônica e pesada e, a partir do final da década de 70, a modernização dos sistemas de defesa de Taiwan foi uma importante fonte indutora para o desenvolvimento tecnológico.

Como sugere Nolan (1986), a base industrial de defesa de Taiwan dependia basicamente dos EUA, realidade que começou a mudar em meados dos anos 60 quando os norte-americanos

¹⁹ Ver Nolan (1986), Lee (1996).

começaram a reduzir a ajuda militar. Como resposta, Taiwan construiu arsenais governamentais capazes de abastecer seu exército com armas leves e peças de artilharia, tais arsenais serviram como base para a expansão da infraestrutura industrial de defesa que, ao longo dos anos 70 e 80, desenvolveu programas de produção voltados para aeronaves de combate, navios de patrulha de alta velocidade, veículos blindados e mísseis.

Esses programas geraram “vazamentos” que, posteriormente, se converteram em usos civis. Como o caso dos semicondutores será discutido no capítulo seguinte, vale mencionar, brevemente, o êxito taiwanês na indústria Aeroespacial. No contexto da Guerra do Vietnã, as instalações militares propiciaram aos engenheiros taiwaneses dominar reparação e revisão de caças F-4 estadunidenses (NOLAN, 1986, p. 47). Ainda, em 1968, o Laboratório de Pesquisa Aeronáutica montou a primeira aeronave militar construída em Taiwan, um Pazmany PL-1 americano. Em 1969, o Centro de Desenvolvimento da Indústria Aeroespacial (AIDC) foi estabelecido como subsidiária do Instituto Chungshan de Ciência e Tecnologia (CIST), a principal instalação de pesquisa e desenvolvimento relacionada à defesa do governo. Assim, o conhecimento aeroespacial de Taiwan se desenvolveu centrado na AIDC e na produção de aeronaves militares, com grande parte da tecnologia tendo sua origem nos Estados Unidos. O foco militar começou a gerar usos civis na década de 1990 quando o governo optou por impulsionar uma indústria aeroespacial civil e criar efeitos "spin-off" para outras indústrias e setores (ERIKSSON, 2005).

A indústria aeroespacial²⁰ ilustra uma dinâmica mais geral do período 1970-1980, na qual Taiwan se esforçou para desenvolver capacidades industriais e militares em resposta a aproximação dos EUA com a China. Como apontado por Eriksson (2005, p. 44, tradução nossa):

A integração da República Popular da China no sistema internacional fez com que muitas nações encerrassem suas relações diplomáticas com a República da China em Taiwan. Durante a década de 1970, o isolamento de Taiwan na comunidade internacional também significou que o país não tinha acesso a equipamentos militares estrangeiros.

Diante desse isolamento, os planejadores taiwaneses se viram obrigados a seguir uma estratégia de autossuficiência em armamentos, de modo que se afirmou um esforço crescente em coordenar o desenvolvimento econômico e as prioridades de defesa, afinal a competição

²⁰ Como apontado por Chi-wu (1981), os militares taiwaneses enfatizavam a necessidade de desenvolver as capacidades da ilha, principalmente, nos campos naval e aeroespacial, pois se apoiavam em uma defesa na qual a contenção a uma invasão vinda da China continental deveria ocorrer no ar ou no mar.

econômica, militar e tecnológica com a China continental era vista como uma questão de sobrevivência. Assim, a burocracia taiwanesa orientou definitivamente sua estratégia de industrialização para setores intensivos em tecnologia, especificamente, para aproveitar o potencial de produtos de uso dual. Essa dinâmica se acelerou em 1978 com a revogação do Tratado de Defesa Mútua de 1954 assinado com os EUA (NOLAN, 1986).

O 8º PPa refletiu o maior ímpeto em desenvolver capacidades tecnológicas e em mitigar os efeitos do segundo choque do petróleo, tendo sido o mais longo ao cobrir o período de 1980-1989. Conforme Tsai (1999), esse plano focava em segmentos com grandes efeitos de encadeamento; alto nível de conteúdo tecnológico; e, baixa intensidade energética. Assim, Estado taiwanês começou a direcionar maiores esforços para áreas como ferramentas de máquinas, semicondutores, computadores, telecomunicações, robótica e biotecnologia (WADE, 1992, p 98).

Portanto, ao longo da década 70 e 80 começam a ganhar forma as instituições²¹ determinantes para o êxito de Taiwan na indústria de eletrônicos e na sofisticação da sua estrutura produtiva. Entre os marcos desse arranjo institucional estão o Instituto de Pesquisa em Tecnologia Industrial (ITRI), estabelecido em 1973, e o Parque Industrial Baseado em Ciência de Hsinchu, inaugurado em 1980 (WADE, 1992). Nolan (1981) aponta o parque industrial de Hsinchu ganhou importância crescente ao longo dos anos 80 para a indústria de defesa taiwanesa.

Na segunda metade da década de 80, mudanças importantes começam a ocorrer tanto nos conflitos internos quanto externos e, mais especificamente ao final da década, se inicia uma “nova” era nas relações econômicas com a China continental a partir da penetração de empresas taiwanesas na China, em particular, em Shanghai.

Internamente, as pressões políticas intensificaram-se devido à própria mudança estrutural da economia taiwanesa, que evoluiu de uma economia essencialmente agrária para uma economia industrial-urbana (HSU, 2016). Soma-se a essa mudança, a questão étnica em Taiwan, a luta por uma abertura política e redução da autonomia do KMT como classe dirigente do Estado taiwanês se confundiu A luta contra o autoritarismo do regime do KMT com o anseio

²¹ Nesse período houve, também, o crescimento do Chungshan Institute of Science and Technology (Chungshan Institute of Science and Technology, CIST), uma instalação de pesquisa governamental para tecnologia de defesa estabelecido na década de 1960 (NOLAN, 1960).

pela autodeterminação e até independência dos taiwaneses nativos em relação aos “mainlanders” (SCHUTTE, 2021).

Assim, em 1986, há o estabelecimento de um partido opositor, o Partido Democrático Progressista (DPP) e em 1987 ocorre a suspensão da lei marcial pelo governo KMT, fatos que aceleraram a competição entre os dois partidos políticos, alterando a relação entre o Estado e a sociedade (HSU, 2016). É importante destacar que esse acirramento da disputa entre o KMT e políticos ligados aos taiwaneses nativos não teve início com a abertura política e a criação do DPP. Na verdade, foi consequência da intensificação da organização do campo político oposicionista, cujos primeiros protestos de massa ocorreram nos anos 70 e perduraram ao longo da primeira metade dos anos 80. Nesse cenário, a perda de legitimidade internacional contribuiu para a convergência em torno de um nacionalismo “nativo” associado aos políticos independentes que, em geral, eram taiwaneses nascidos na ilha. Esse movimento abriu espaço para que, aos poucos, o KMT incorporasse taiwaneses nativos em seus altos postos, de modo que em 1988 foi eleito Lee Teng-Hui primeiro presidente nativo (TIEN E SHIAU, 1992; GOLD, 1986, SCHUTTE, 2021).

Antes de prosseguir, vale ressaltar que uma explicação para os conflitos internos não terem gerado dificuldades significativas para o KMT, até o final da década de 70, está relacionada a demora dos operários em se organizar como uma força política (MOURA, 2021).

Do ponto de vista internacional, a benevolência dos EUA em relação aos países asiáticos de industrialização retardatária (Japão, Coreia do Sul e Taiwan) começa a mudar. Conforme Medeiros apud Arrighi (1997, p. 31):

O “desenvolvimento a convite” esteve presente na gênese do moderno desenvolvimento do capitalismo japonês, coreano, e de Formosa tanto por razões geopolíticas - guerra fria quanto econômicas - oferta de manufaturas baratas. Para este autor a novidade dos anos 80 é que o convite se interrompeu inicialmente para o Japão e, posteriormente para os “tigres”, no entanto, neste momento “os gansos já estavam voando”.

A partir da segunda metade da década de 1980, Taiwan se deparou com duas importantes mudanças no cenário geopolítico, isto é, o Acordo de Plaza em 1985 e a retirada pelos EUA do status de “nação mais favorecida” da ilha. Esses episódios obrigaram o governo a diversificar seus parceiros comerciais (RUBINSTEIN, 2015). Como sugere Medeiros (1997, p. 18):

“Assim, é possível dizer que aceleração do crescimento na Coreia e Formosa - pós 85 deveu-se a: a) forte crescimento das exportações decorrente da valorização do iene e da expansão da economia americana e dos novos mercados nos países do

ASEAN 4 e; b) do aumento dos investimentos e da competitividade externa acelerada pelo IDE japoneses.”

Nesse momento, os investimentos externos, principalmente do Japão, aceleraram a introdução de componentes e tecnologias eletrônicas em uma economia que já produzia bens de consumo como rádios e gravadoras (Amsden, 2003; Moura, 2021).

Antes de ingressar nas transformações ocorridas na economia de Taiwan ao longo dos anos 90 e 2000 que reduziram a autonomia do Estado e do próprio KMT frente as classes industriais, cabe fazer algumas considerações acerca do que foi a industrialização e o desenvolvimento taiwanês até aqui. Taiwan logrou uma trajetória exitosa de industrialização pelas décadas que sucederam o estabelecimento da RDC na ilha, se consolidando no segmento de eletrônicos durante os 1980. Esse movimento na indústria eletrônica, em parte, pode ser explicado pelos acordos de Plaza que impuseram dificuldades à economia japonesa, abrindo espaço, também, para a ida de IED para a Taiwan.

Por fim, é importante destacar que o processo de industrialização taiwanês entre as décadas de 50 e 80, geralmente, é dividido entre uma fase na qual vigorou uma estratégia de substituição de importações e outra, na qual, teria se afirmado uma estratégia de industrialização-exportadora. Inclusive parte dos autores acima citados como Wade (1992), Moura (2021), Amsden (2003), Gold (1986), entre outros, reproduzem essa divisão.

A despeito dessa divisão, este trabalho utiliza a noção de industrialização guiada pelo Estado em detrimento da visão citada acima. Isto se justifica, pois, conforme afirma Medeiros (2013, p. 90): “Todas as industrializações contaram inicialmente com processos de substituição de importações e abertura seletiva e deram maior ou menor ênfase nas exportações industriais segundo distintas constelações de fatores.” Nesse sentido, à medida que as exportações constituem uma fonte essencial de divisas para sustentar as importações necessárias à industrialização, em um país pobre de recursos naturais, como Taiwan, as exportações industriais se tornaram um imperativo.

2.2.2. 1990-2010 – A economia taiwanesa após o “milagre” e a orientação lenta ao “mercado”²²

Como destacado acima, no final dos anos 80 e anos 90 duas mudanças importantes ocorreram. Em primeiro lugar, como consequência da abertura política, o KMT e o Estado perderam, em algum grau, autonomia frente a sociedade, dinâmica essa que ocorreu associada a maior penetração dos taiwaneses nativos. Além disso, no campo internacional, a economia taiwanesa cada vez mais se imbricou com a economia chinesa.

Essas duas mudanças ocorreram em um contexto em que os EUA pressionavam por liberalização, resultando em uma reorientação parcial para o mercado. Apesar dessas transformações, o KMT seguiu no poder e mesmo após a derrota nas eleições no início dos anos 2000, manteve o controle de ativos confiscados pelo KMT ao longo do período em que vigorou a política de um partido único e, como sugere Liou (2017, p. 18, tradução nossa) ao falar dos anos 90 e início dos anos 2000, o modelo de controle do KMT “não desapareceu do processo de tomada de decisões.”

A liberalização e perda de autonomia do Estado se misturam com a penetração acelerada de taiwaneses nativos nas estruturas burocráticas durante o governo Lee Teng-hui (1988-2000). Esse processo veio a ser conhecido como “taiwanização” da burocracia, aumentando a popularidade do DDP e, conseqüentemente, um acirramento das disputas interpartidárias (KUO, 1997). A “taiwanização” foi resultado de um aumento na organização sindical e das pressões geradas pelos trabalhadores urbanos e rurais que, em geral, eram taiwaneses nativos. Esses trabalhadores começaram a se organizar nos anos 70 e, então, começaram a pressionar por transformações que se acentuaram nos anos 80, abrindo espaço para uma abertura política do regime comandado pelo KMT (Yang, 2007). É importante destacar que não se trata de afirmar que essa abertura política foi a força propulsora da liberalização da economia de Taiwan, na verdade, como sugerido por Tsai (2001), a maior penetração de taiwaneses nativos aumentou o gasto público com a institucionalização de gastos distributivos, refletindo o aumento no poder de barganha desses grupos.

Nesse sentido, a liberalização parcial da economia taiwanesa se deve ao contexto de pressões por parte dos EUA que, com o fim da guerra fria, retirou o suporte às políticas

²² À medida que Taiwan já atingira o catching-up na indústria de eletrônicos no período 1990-2000, contando com empresas de capacidade transnacional, em um cenário de redução da autonomia estatal na condução do desenvolvimento econômico, uma análise que enfatize os planos plurianuais não mais se faz necessária.

industriais que marcaram o desenvolvimento taiwanês e passaram a pressionar por uma liberalização comercial e financeira (Medeiros, 2001). Para além dos objetivos estadunidenses em abrir comercial e financeiramente Taiwan, na rodada do Uruguai, que culminou com a criação da OMC a partir do GATT, os EUA pressionaram por um processo de privatizações da economia taiwanesa, argumentando que o setor estatal era um impeditivo para a abertura comercial. Apesar dessa pressão, as privatizações se deram de forma bastante tímida ao longo dos anos 90, somente se acelerando nos anos 2000.

Dois fatos pesaram para essa mudança nos anos 2000, em primeiro lugar o DDP percebia as privatizações como um mecanismo para enfraquecer economicamente o KMT que, por sua vez, não se opôs fortemente às privatizações, ampliando seus investimentos em inúmeras empresas listadas (incluindo empresas eletrônicas de ponta). Em segundo lugar, Taiwan pleiteava ser reconhecida na OMC como território independente na categoria país desenvolvido, o que contribuiu para um “consenso” em torno das liberalizações (WO-CUMMINGS, 2007; TSAI, 2001; GRAY, 2011).

Os anos 90 se encerraram com a crise financeira asiática da qual Taiwan estava parcialmente isolada porque sua dependência de investimentos em carteira estrangeira e sua exposição a empréstimos estrangeiros de curto prazo teria sido baixa (WU, 2007). Também, se consolida a aproximação das economias taiwanesa e chinesa, cujo início na segunda metade dos anos 80 ocorreu em um contexto de reconfiguração comércio regional cuja consequência foi a consolidação de Taiwan como uma importante fonte de IDE e um aumento acentuado do comércio intrarregional (tanto o deslocamento do IED quanto das exportações de Taiwan se deram em grande medida em direção à China). Ademais, como salienta Medeiros (2001, p. 34), a China se apresentou como “potência regional insatisfeita com seu status quo” e “passou a ser considerada a principal ameaça potencial no Pacífico e o estreito de Taiwan um lugar central para o embate entre a política americana”.

Como consequência das privatizações, houve uma pequena reorientação do Estado como investidor minoritário na economia. Esse papel de investidor seguiu com maior peso na indústria de semicondutores e em tecnologias potenciais, como a biotecnologia (LIOU, 2017). Nesse sentido, como sugere Wo-cummings (2007), a transformação do Estado Desenvolvimentista taiwanês ocorreu de forma lenta nos anos 90, somente se acelerando nos anos 2000. Ao longo da primeira década dos anos 2000, Taiwan segue o processo de liberalização da sua economia, principalmente, pela aceleração das privatizações pelas razões

já apresentadas acima. Esse movimento, entretanto, não impediu que novas instituições voltadas para o desenvolvimento surgissem, tampouco, representou a morte completa das antigas instituições. O CEPD, apesar de ter perdido a função de formulador das políticas industriais, foi substituído nessas funções pelo MOEA com apoio do ITRI, do Instituto da Indústria da Informação e do Ministério da Ciência e Tecnologia (CHU, 2019).

Portanto, ao invés de abandonar completamente sua estratégia de desenvolvimento, o Estado Desenvolvimentista taiwanês mudou suas características. Como salienta Weiss (2011, p. 14), “há uma mudança evidente nas metas estratégicas, que se traduz em priorizar a promoção dos setores de crescimento emergente e as tecnologias correlatas (em vez de construir indústrias já existentes, a partir do zero)”. Nesse sentido, a atuação do Estado taiwanês passou a assumir a forma de “missões”, “impulsionadas por uma mistura variada de objetivos econômicos e de segurança nacional” (WADE, 2018, p. 139).

Essa atuação, todavia, conta com uma capacidade muito menor de coordenação estatal sobre o setor privado, em uma dinâmica na qual financiamento público passou a ganhar importância maior. Além disso, como resposta à globalização e à reconfiguração regional mencionada anteriormente, Taiwan alocou recursos para promover a expansão de suas corporações, com o IED chinês voltado para manufaturas direcionadas à Ásia, principalmente à China, que recebeu aproximadamente 59,3% do IED taiwanês em 2016 (Sun & Chen, 2017; CHU, 2019).

Assim, Taiwan continua a implementar políticas industriais por meio de bancos de desenvolvimento, isenções fiscais e fornecimento subsidiado de energia. Embora o governo taiwanês também tenha se envolvido em setores como biotecnologia e energia verde, três setores em particular têm ganhado destaque: a indústria de semicondutores, a indústria cultural e a inteligência artificial (FULLER, 2020).

Uma explicação plausível para a permanência desse ímpeto da burocracia de Taiwan em direção ao desenvolvimento diz respeito a permanente tensão entre Taiwan e a China continental. As duas principais forças políticas do país (DDP e KMT) mantêm, cada uma a sua maneira, a defesa de um nacionalismo econômico-militar como resposta aos anseios de reunificação do PCCh, esse ímpeto se manteve mesmo com a maior articulação entre as duas economias. Taiwan, todavia, enfrenta um dilema entre a ampliação dos laços econômicos com a China ou o isolamento regional. Essa situação ficou particularmente evidente com a paralisação da Rodada de Doha da OMC, quando diversos países da Ásia começaram a recorrer

a acordos bilaterais de livre comércio. Taiwan, entretanto, sofreu com a interrupção da maioria das suas negociações devido às pressões colocadas pela China sob a política de "Uma China", essa dinâmica se deu, inclusive, nas negociações com os EUA (GRAY, 2011).

Esse cenário de permanente tensão entre China-Taiwan-EUA, no qual, a China tenta isolar Taiwan e fazer avançar a política de uma "Uma China", ampliando as relações entre as duas economias, se mantém no século XXI. Entretanto, ao longo da última década vem ocorrendo um acirramento das disputas sino-americanas no estreito de Taiwan. Primeiramente, como sugere Fiori (2021), "[...] o controle de Taiwan deixou de ser apenas uma disputa territorial chinesa, e passou a ser uma condição essencial para que a China tenha acesso soberano ao Pacífico e ao Mar da Índia." Além disso, desde que os EUA iniciaram o conflito comercial, cujo objetivo central é breçar o avanço tecnológico chinês, a posição geopolítica de Taiwan se tornou central dada a sua capacidade de manufaturar chips de alto conteúdo tecnológico. A seção seguinte apresenta algumas estatísticas que coadunam com a breve construção da história do desenvolvimento de Taiwan entre os 1950-2020 acima.

2.3. Transformação estrutural, o setor público e as relações econômicas com a China e EUA

O vigoroso processo de industrialização nas décadas posteriores aos anos 50 foi marcado por elevadas taxas de crescimento, registrando os maiores níveis na trajetória de Taiwan, com o auge da industrialização liderada pelo Estado, nos anos 1970, registrando a maior média de crescimento (Figura 10). Ao longo do desse período a mão de obra empregada na agricultura caiu de forma acelerada. Em 1978 havia cerca de 1 558 mil trabalhadores na agricultura, em 1981 esse valor caiu para 1 257 mil. Em 2011, havia "apenas" 542 mil indivíduos empregados na agricultura, valor em torno do qual o número de trabalhos rurais orbitou até hoje. Esse valor contrastou com o crescimento da mão de obra empregada na produção de bens industriais, cuja quase totalidade está na manufatura (STATISTICAL YEARBOOK OF THE REPUBLIC OF CHINA, 2021)

Nesse período, a Formação Bruta de Capital Fixo (FBKF) atingiu a maior média na comparação por décadas, representando 27% o PIB. Ademais, aquelas décadas que registraram menores taxas médias de crescimento coincidem com o período de liberalização mais acelerada (Ver figuras 2 e 3)

Tabela 2 - Taxas médias de crescimento por década: Taiwan (1950-2010)

Ano	Valor
1950	8.6 %
1960	9.9 %
1970	10.9 %
1980	8.5 %
1990	6.6 %
2000	3.9 %
2010	4.3 %

Fonte - Elaboração própria a partir de Taiwan National Statistics. Acessível em: <https://eng.stat.gov.tw/mp.asp?mp=5>

Importante destacar que o componente público da FBKF como proporção da FBKF total²³ se manteve em patamares elevados em todos os períodos. Na verdade, nas primeiras décadas do “milagre” em Taiwan, os gastos públicos com FBKF representavam cerca de 50% do total. Além disso, esse valor se manteve acima dos 40% até a década de 1990, só perdendo importância relativa nos anos 2000.

Tabela 3 – FBKF como porcentagem do PIB e o Percentual da FBKF público (inclusive estatais) sobre a FBKF total em Taiwan (1950-2010)²⁴

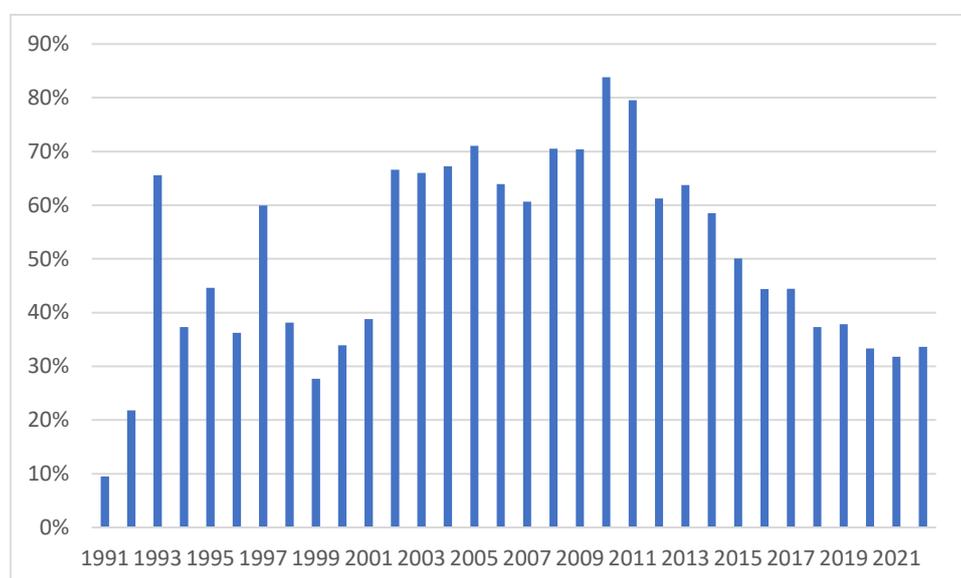
	FBKF TOTAL/PIB	FBKFp /FBKF TOTAL
1950	14%	52%
1960	19%	42%
1970	27%	47%
1980	24%	44%
1990	26%	40%
2000	23%	27%
2010	22%	20%

²³ Na FBKF do governo estão contabilizados os investimentos feitos diretamente pelo governo e indiretamente, por meio das Estatais.

Figura - Elaboração própria a partir de Twain National Statistics. Acessível em: <https://eng.stat.gov.tw/mp.asp?mp=5>

O comportamento dos gastos públicos com formação bruta de capital, somados aos gastos das Estatais com FBKF, só começam a declinar na primeira década dos anos 2000, refletindo o aumento no número das privatizações, este movimento está em conformidade com a direção apontada por Wo-cummings (2007). Assim, nos anos 1990, a principal transformação foi a internacionalização produtiva de suas principais empresas com investimentos concentrados na China continental. Esses investimentos focaram, essencialmente, em manufaturas.

Figura 8 - Percentual do IED de Taiwan em direção a China sobre o IED total de Taiwan (1991-2022)

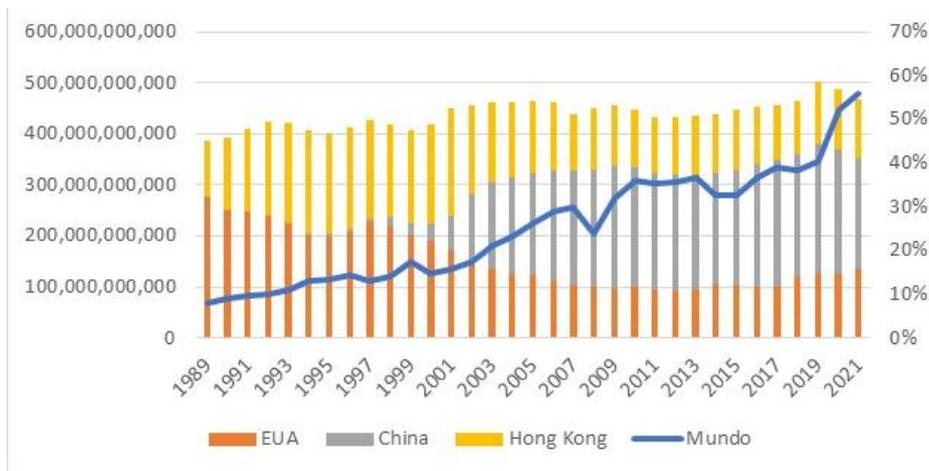


Fonte: Elaboração própria a partir de MOEAIC: Acessível em: https://www.moeaic.gov.tw/business_category.view?lang=en&seq=3

Ademais, ocorreu um aumento significativo das exportações em direção a China continental. Embora os dados no Figura 9 apontem para o aumento das exportações para China continental somente na virada do século, na verdade elas já vinham se expandindo ao longo dos anos 90, pois, nesse contexto, Hong Kong atuava como intermediário financeiro entre as “duas Chinas”. Por isso, no Figura 9 estão incluídas, também, as exportações para Hong Kong (LIN, 2018; OECD, 1993). Em relação à composição das exportações, os circuitos integrados começaram a ganhar importância na virada do século. Em 1995, os circuitos integrados respondiam por cerca de 6.8% do valor total das exportações, em 2010 esse valor saltou para, aproximadamente, 14% e em 2019 para 32.2% (EOC, 2022), esse movimento corresponde ao

padrão de especialização da economia taiwanesa na manufatura de bens eletrônicos intermediários.

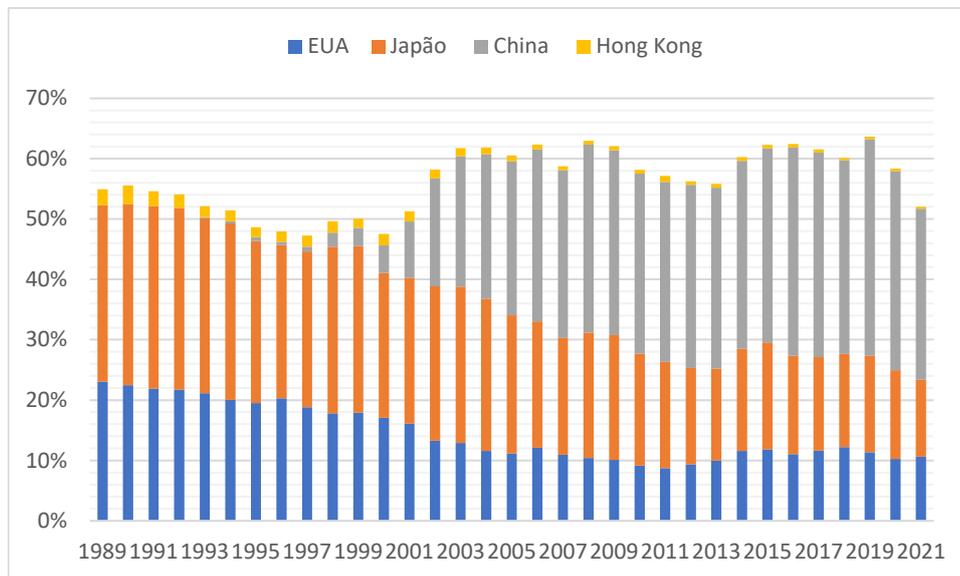
Figura 9 - Exportações em US\$ de Taiwan para EUA, China e Hong Kong (1989-2021)



Fonte - Elaboração própria a partir de MOA (2022). Acessível em: <<https://cuswebo.trade.gov.tw/FSCE3000C?table=FSCE3010F>>

Em relação à origem das importações, a China ganhou importância relativa crescente a partir do ano 2000, com os EUA e Japão perdendo peso de forma acelerada. Importante destacar que conforme o OEC (2022) grande parte das importações de Taiwan são de energia, em especial petróleo e derivados.

Figura 10 - Importações percentuais de Taiwan para EUA, Japão, China e Hong Kong (1989-2021)



Fonte: Elaboração própria a partir de MOA (2022). Acessível em: <<https://cuswebo.trade.gov.tw/FSCE3000C?table=FSCE3010F>>

Em suma, a partir da última década do século XX as relações China e Taiwan se aproximaram, com a China se tornando destino principal do IED taiwanês e desbancando os EUA como destino maior das exportações. Ademais, a exportação de componentes eletrônicos, em especial, circuitos integrados, se tornou essencial para as exportações de Taiwan que, para um país com pequeno mercado interno, são uma fonte indispensável de demanda.

CAPÍTULO 3. DESENVOLVIMENTO E A GEOPOLÍTICA DA INDÚSTRIA DE SEMICONDUTORES EM TAIWAN

A indústria eletrônica taiwanesa começou a se desenvolver na década de 1960 e coincidiu com a transferência de atividades produtivas dos Estados Unidos para a região. "Inicialmente, a indústria era composta por muitos fabricantes focados em bens de consumo, mas gradualmente a indústria de componentes eletrônicos se consolidou e se tornou mais concentrada. Conforme afirmam, Melo e Rosa (1995, p. 177):

“A expansão da indústria, suas possibilidades de ligação e o financiamento governamental incentivaram numerosos profissionais a estabelecer suas próprias empresas, direcionando seus esforços, primordialmente, ao atendimento de nichos de mercado (calculadoras, relógios, brinquedos) e à produção de partes e subconjuntos. Foi constituído, desta forma, o segmento mais característico da indústria taiwanesa, composto por várias centenas de empresas familiares de pequeno e médio portes.”

Até a década de 1980, a indústria de componentes eletrônicos produzia apenas componentes passivos (capacitores, resistores) e semicondutores discretos. A produção de Circuitos Integrados só ganhou impulso no final da mesma década quando o Estado taiwanês se envolveu, explicitamente, no desenvolvimento desse segmento. Inicialmente, o empresariado não aderiu ao projeto estatal (diferentemente de como ocorrera na Coreia e no Japão), assim o Estado foi o responsável por criar as primeiras empresas do setor (MELO E ROSA, 1995; Filippin, 2020).

Em suma, Taiwan iniciou sua trajetória na indústria de eletrônicos através da fabricação de bens de consumo de baixo valor agregado. À medida que o Estado Taiwanês se envolvia no desenvolvimento do setor e intensificava o uso de políticas industriais, Taiwan passou a dominar segmentos de maior complexidade e conteúdo tecnológico, chegando a dominar o ciclo completo de várias linhas de produtos. (MELO E ROSA, 1995)

Ademais, o sucesso do complexo industrial se deveu, em alguma medida, a sinergia criada a partir da instalação de fabricantes de bens de consumo e de componentes. Isto é, Taiwan desenvolveu um ecossistema de microeletrônica integrando fabricantes de componentes, fornecedores, fabricantes de bens finais, empresas de projeto, instituições de ensino e centros de referência. (MELO E ROSA, 1995; LEAL E GUTIERREZ, 2004)

A despeito do papel desempenhado pela sinergia com outros segmentos de produção, o êxito da indústria de semicondutores em Taiwan está intimamente ligado à transferência de tecnologia e instalações fabris de empresas norte-americanas, além do desenvolvimento de um

novo modelo de negócio, o chamado “foundry model”. Vale lembrar que, nesse modelo, as empresas realizam apenas a manufatura dos CIs de forma terceirizada, sem colocar suas marcas no produto

3.1. O desenvolvimento da indústria de semicondutores em Taiwan dos anos 60 até a década de 90

A indústria de eletrônicos começou em Taiwan na década de 40, com a montagem de rádio a partir de peças importadas. Ao longo da década de 1950, o governo do KMT incentivou timidamente essa atividade, de modo que no Plano Plurianual (PPa) de 1953-1956 já havia alguma proteção à indústria nascente de rádio. A USAID, também, deu suporte financiando um acordo entre a Tantung com uma empresa japonesa para produção de medidores quilowatt-hora elétricos (WADE, 1992, pp. 93-94).

Até a década de 60, a produção de chips estava localizada quase em sua totalidade nos EUA. Nesse período, começou a ocorrer a internacionalização da produção do segmento. A Fairchild, a primeira empresa a expandir suas instalações, colocou em operação uma fábrica para montagem e testagem em Hong Kong entre os anos de 1961 e 1963. (MILLER, 2022, pp. 85-86). A partir daí outras empresas a seguiram e instalaram fábricas de montagem e testagem em outras regiões da Ásia. Esse foi o caso da holandesa Phillips e da norte-americana Texas Instruments que instalaram fábricas de montagem em Taiwan no início dos anos 60 (WADE, 1992, pp. 94).

Nesse contexto, o governo taiwanês deu maior atenção a indústria de eletrônicos, atraindo firmas japonesas e estadunidense. Essa decisão contou com auxílio dos EUA. Como salientado por Rubinstein (2015, p.370, tradução nossa):

“A decisão dos tecnocratas da República da China, uma decisão tomada com a ajuda de funcionários da USAID, mostrou-se correta. Como Wang e outros demonstraram, grandes empresas de eletrônicos dos Estados Unidos, dos Países Baixos e do Japão foram atraídas pelos incentivos oferecidos por autoridades da ROC. Essas empresas produziram produtos que eram composições de componentes ou módulos de componentes. Esses produtos poderiam ser facilmente enviados por fornecedores de outras nações ou, posteriormente, de outras áreas de Taiwan devido ao seu peso leve. Além disso, embora o design, desenvolvimento e processamento de componentes-chave fossem intensivos em tecnologia e em capital, a montagem real dos componentes poderia ser feita manualmente por uma mão de obra pouco qualificada por salários baixos.”

A influência norte-americana na inclinação do governo taiwanês para aproveitar as oportunidades nas etapas de montagem também pode ser atestada pela formação do Grupo de Trabalho para o Planejamento e Desenvolvimento da Indústria de Eletrônicos, organizado sob

o CIECD, que contava com conselheiros norte-americanos (WADE, 1992, p. 94-95; MOURA, 2021, p. 336). Em tal etapa, empresas domésticas, como Lingson Precision Industries, Orient Semiconductor e Fine Prochallenge, ingressaram no setor atuando em etapas intensivas em trabalho. Ademais, a Universidade Nacional Chiao Tung inaugurou o primeiro laboratório voltado para estudar semicondutores e capacitar pessoal em 1964 (LIU, 1993; CHANG E TSAI, 2010).

Assim, Taiwan deu os primeiros passos na indústria de semicondutores entre os anos 40-60, mas foi na década de 70 que iniciou-se o arranjo institucional consagrado nas explicações institucionalistas sobre a indústria de semicondutores taiwanesa. O marco inicial desse arranjo foi o Instituto de Pesquisa em Tecnologia Industrial (ITRI), criado em 1973 e que serviu de “guarda-chuva” para outros institutos de pesquisa, como a Organização de Serviços de Pesquisa em Eletrônica (ERSO), fundada em 1974. Já em 1978 foi fundado o Grupo Consultivo de Ciência e Tecnologia (STAG), no gabinete do primeiro-ministro, para orientar e supervisionar a política tecnológica. O STAG exercia uma influência significativa na definição da política tecnológica e era composto em sua maioria por membros de origem não chinesa. Complementando o arranjo que se consagrou na formação de Spin-offs que deram origem a importantes empresas com a UMC e ACER está o Parque Industrial Baseado em Ciência de Hsinchu (HSIP), fundado em 1980 (FULLER, 2002).

Em 1976, sob planejamento do gerenciamento do Comitê Consultivo de Tecnologia (TAC) e do Ministério de Assuntos Econômicos (MoEA), o governo iniciou o "Projeto para a Construção de uma Planta Demonstrativa de CI", adquirindo a tecnologia de produção de 7.0 um da RCA. Essa decisão envolveu um investimento de NT\$400 milhões, em valores da época, e o treinamento de 38 engenheiros pela RCA por um ano, com isso a planta demonstrativa pôde operar etapas de design, manufatura e testagem. O desenvolvimento dessa planta se deu sob a primeira fase de uma série de projetos encomendados pelo governo ao ERSO denominados “Projetos de Desenvolvimento da Indústria Eletrônica”. (MATHEWS, 1997). A fase 2 se deu entre 1979 e 1983, nessa fase, a capacidade tecnológica do ITRI avançou de 7,0 μm para 3,5 μm ²⁵. A instalação de equipamentos de produção de foto máscaras foi concluída em 1981,

²⁵ Os componentes eletrônicos são produzidos em escalas micrométrica (μm) a ou nanométrica (nm). Sendo que um micrómetro equivale a um milionésimo de metro e um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro. Logo: $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-3} \mu\text{m} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$.

permitindo que o ITRI fornecesse máscaras para empresas domésticas de CI e para sua própria planta piloto.

O projeto da Fase III, também conhecido como Projeto de Desenvolvimento de Tecnologia de Integração Muito Grande (VLSI), ocorreu entre 1983 e 1988. Durante esse período, a tecnologia avançada de semicondutores em empresas líderes já havia avançado em direção aos VLSIs (ou seja, mais de 100.000 elementos em um único chip). Para acompanhar o ritmo tecnológico, o orçamento total de pesquisa para o projeto foi aumentado mais de três vezes, chegando a NT\$2,92 bilhões. Nessa fase, o ITRI concentrou seus esforços no design assistido por computador de VLSI, instalações de fabricação de VLSI e tecnologia de processo de alta densidade. Os principais objetivos envolviam desenvolver know-how interno, concluir uma estrutura de indústria de CI e atuar como um centro de suporte para outras indústrias. Ao longo do projeto, a tecnologia de processo do ITRI avançou de 3,5 um para 1,0 um. (LIU, 1993; CHANG E TSAI, 2010)

A fim de difundir as tecnologias obtidas no exterior e os avanços feitos nos centros de pesquisa e desenvolvimento, o ITRI apostou na criação de spin-offs. Dado o escopo deste trabalho serão focados em duas empresas que nasceram de spin-offs do ITRI: a TSMC e a UMC. Apesar disso, vale mencionar que essa mesma dinâmica se verificou em outras etapas da produção da de CI's e, também, em setores como aviação, serviços médicos e biotecnologia²⁶.

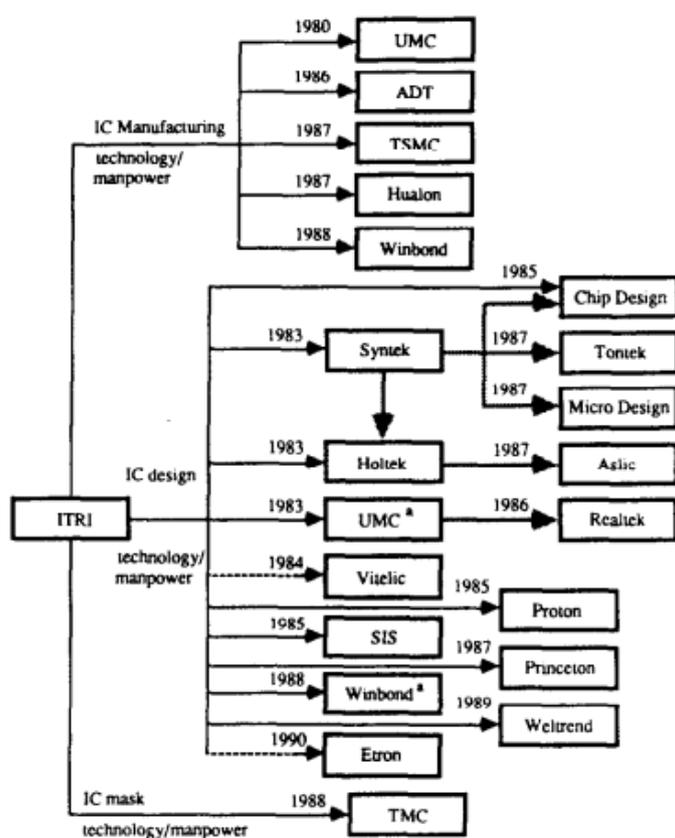
O primeiro dos spin-offs deu origem a United Microelectronics Corporation (UMC), sediada no Parque Científico de Hsinchua. Ela começou a operar em 1982 como a primeira fabricante de wafers de Taiwan, utilizando a fábrica que havia sido montada com tecnologia da RCA. Inicialmente vendeu produtos sob sua própria marca, à medida que empresas fabless e IDM se espalhavam, a UMC passou a funcionar como uma 'foundry' na década de 1990 (CHANG E TSAI, 2010; PENG, CHEN E LIN, 2006; FULLER, 2013). À UMC se seguiram outros spin-offs, como observado na figura 1, o mais relevante deles foi o que deu origem a TSMC e, conseqüentemente, inaugurou o modelo "*foundry*".

Esse modelo foi resultado de uma encomenda do governo do KMT que exigiu ao ITRI, em 1985, um plano para uma nova empresa de semicondutores. O então presidente do ITRI formulou a estratégia de uma "*foundry*". Até esse momento, as principais empresas do mundo eram IDM's e Taiwan foi pioneira nessa estratégia segmentada. Nesse modelo, uma empresa

²⁶ Para uma série de spin-offs que nasceram do ITRI em setores diferentes da indústria de semicondutores ver: FULLER E RUBISTEIN (2013); CHENG E LIN (2006).

especializada, conhecida como fundição (ou *founndry*), fabrica circuitos integrados conforme as especificações e designs fornecidos por terceiros, em vez de fazer seus próprios designs ou produtos acabados. Como consequência, em 1987, nasceu a TSMC sendo 48% de propriedade estatal e 52% privada, com esses 48% sendo propriedade do governo por meio do China Development Corporation, de propriedade do Kuomitang (LIU, 2021, 318-19; FULLER, 2013, P. 52).

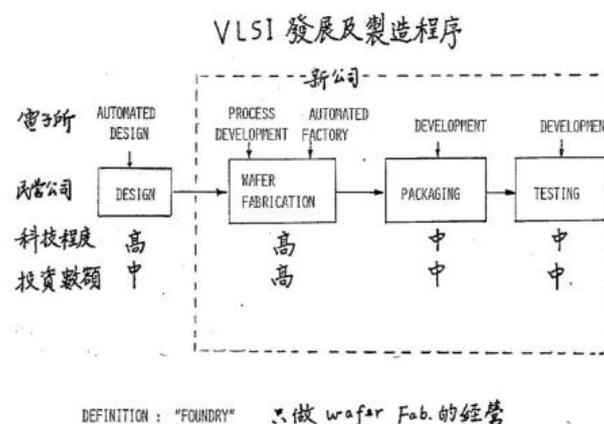
Quadro 3 - Spin-offs do ITRI entre 1980 e 1990



Fonte: LIU (1993)²⁷

²⁷ Liu foi planejador estratégico na Organização de Pesquisa e Serviços Eletrônicos do Instituto de Pesquisa em Tecnologia Industrial.

Quadro 4 - Último slide da apresentação de Morris Chang para o Primeiro-Ministro de Taiwan sobre o modelo de negócios da fundição



Fonte: LIU (2021)

A adoção dessa estratégia dependeu de uma atuação e organização ativa do Estado. Ademais, contou com transferência de tecnologia e expertise dos EUA. Morris Chang era um veterano do setor que ocupou o cargo de vice-presidente da Texas Instruments antes de ser cooptado pelo governo de Taiwan para comandar o ITRI. Além disso, o ITRI contou com transferência de tecnologia da RCA Corporation para formar a TSMC (LIU, 2021, p. 318).

A formação da TSMC se deu em meio a terceira fase do “Projeto de Desenvolvimento da Indústria Eletrônica” destinada a desenvolver a tecnologia VLSI. Nesse caso, a TSMC, também, obteve tecnologia estrangeira da Philips que era dona de 27.5% da empresa (FULLER, 2013, P. 12; MATHEW, 1997). Liu (1993, p. 303), destaca que a criação da TSMC produziu encadeamentos para frente, encorajando o surgimento de firmas de design (fabless). Conforme o autor, em 1983, existiam apenas 2 fabless em Taiwan, número que em 1990 saltou para 25.

De modo geral, o ITRI e, mais especificamente o ERSO, desempenharam três atividades essenciais, isto é, a aquisição de tecnologia estrangeira; transferência de tecnologia para empresas locais via licenciamento, treinamento e spin-off; desenho de incentivos. Assim, o ITRI alavancou a indústria de semicondutores em Taiwan entre os anos 70-90.

Nos anos 90, como discutido no capítulo 2, o papel desempenhado pelo Estado taiwanês começou a mudar, embora longe de ter representado uma reorientação acelerada ao mercado. Além disso, nesse momento, a indústria de semicondutores já havia alcançado um certo grau de maturidade e competitividade, embora as principais empresas ainda mantivessem setores de P&D com baixo orçamento e pouca sofisticação.

No final da década de 80, Taiwan já havia alcançado as principais posições globais em termos de capacidade tecnológica, medida pelo tamanho do CI em microns (Ver quadro 5). Por outro lado, empresas norte-americanas e japonesas haviam iniciado o desenvolvimento de tecnologia submicrônica²⁸ e se Taiwan não atualizasse sua tecnologia perderia competitividade rapidamente. Então, o ITRI-ERSO elaborou seu último grande plano para a indústria de semicondutores, que, além do desenvolvimento tecnológico, envolvia a coordenação de alianças estratégicas entre as empresas nacionais, a fim de contornar as dificuldades de obter a tecnologia no exterior, uma vez que se tratava da fronteira tecnológica. Assim, entre 1990-94, o ERSO colocou em prática o Projeto de Tecnologia de Processo Submicrônico (LIU, 1993; FULLER, 2013; CHANG E HSIU, 1998).

Com um orçamento de US\$220 milhões em valores correntes, o projeto montou a primeira instalação de fabricação submicrônica do país com transferência de tecnologia da japonesa OKI. Além disso, deu origem ao Consórcio de Trabalho Submicrônico, inicialmente 6 fabricantes de CI's demonstraram interesse, mas apenas TSMC e UMC atuaram de fato na pesquisa e desenvolvimento do projeto junto ao ITRI (CHANG E HSIU, 1998; TSO, 2004).

O objetivo do projeto era construir wafers de 8 polegadas utilizando uma tecnologia que permitisse a incorporação de nódulos de no mínimo 0,7 micron. Como resultado, o projeto Submicron desenvolveu memórias DRAM de 16M e SRAM de 4M com tecnologia 0,5 micron que posteriormente foram transferidas para o mercado por meio de spin-offs. A UMC e TSMC, por sua vez, utilizando tecnologia transferida pelo ITRI, desenvolverem suas tecnologias de processos 0,6 micron (CHANG E HSIU, 1998; CHANG E TSAI, 2000; FULLER, 2002).

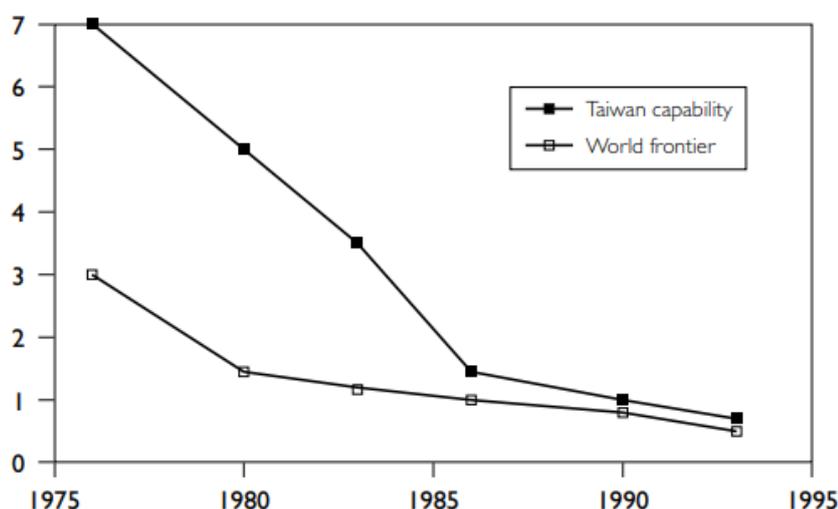
Como o mais relevante spin-off do projeto, a instalação submicrônica deu origem a Corporação Internacional de Semicondutores Vanguard (Vanguard International Semiconductor Corporation, VIS). O spin-off foi realizado por meio de um leilão público e os investidores eram compostos por 13 empresas capitaneadas pela TSMC, sendo que o MOEA manteve 32% do controle da empresa (CHAN E TAIS, 2000; CHANG E HSIU, 1998; PENG, CHEN E LIN, 2006). A VIS contou com a transferência de cerca de 303 profissionais do ITRI, além de tecnologia da japonesa OKI (FULLER, 2003; TSO, 2004).

O spin-off e o projeto submicron foram as últimas grandes participações do ITRI-ERSO no desenvolvimento tecnológico do setor de manufatura. Com o êxito do projeto, as principais

²⁸ O termo "submicrônica" refere-se a componentes que estão em uma escala menor do que um micrômetro, isto é, menores do que um milionésimo de metro.

empresas taiwanesas atingiram o catching-up setorial e construíram capacidade de pesquisa e desenvolvimento. Com isso, começou a crescer uma oposição do setor privado no sentido de reduzir a participação do ITRI-ERSO na coordenação/seleção dos projetos (TSO, 2004). No fim dos anos 90, o ERSO ainda tentou estabelecer um novo consórcio por encomenda do MOEA, a Organização Avançada de Pesquisa em Tecnologia de Semicondutores (Advanced Semi-conductor Technology Research Organization, ASTRO), mas com a recusa da UMC e TSMC em participar, o projeto ficou inviável e terminou nunca saindo do papel (FULLER, 2013; CHANG E TSAI, 2000).

Quadro 5 - Gap tecnológico de Taiwan medido pelo tamanho dos nódulos em micrômetros (1975-1995)



Fonte: Mathews apud ERSO (1997)

Em relação às etapas de desenvolvimento do setor, a história de semicondutores acima coaduna com a visão de Chang e Hsu (1998). Isto é, até os 90 o setor estatal foi o responsável por guiar a indústria e formular o modelo de negócios das foundries. Somente nos anos 90, com sua consolidação como principal indústria de alta tecnologia de Taiwan, é que o setor privado começou a se envolver mais ativamente. O Estado taiwanês, entretanto, seguiu atuando em tecnologias de fronteira, pois, apesar do maior envolvimento privado, as companhias privadas ainda possuíam setores de Pesquisa e Desenvolvimento com baixo orçamento e pouco sofisticados. Mas à medida que esses setores se consolidaram, cresceu a oposição à coordenação do ITRI-ERSO em iniciativas com as principais empresas.

É importante destacar que não se está dizendo que o ITRI perdeu importância no desenvolvimento tecnológico da indústria de semicondutores, o que ocorreu é que as grandes

empresas de manufatura (UMC e TSMC) já não dependiam do ITRI para P&D. Assim, o ITRI-ERSO com êxito ou não, segue atuando em tecnologias de fronteira (biotecnologia, inteligência artificial) e com projetos importantes em outras etapas da indústria (design). É claro que esses projetos podem se beneficiar do avanço das empresas de manufatura de CI por meio, por exemplo, de encadeamentos para frente, e, também, podem gerar vazamentos para empresas como a TSMC. Uma análise e o mapeamento desses possíveis efeitos, entretanto, foge ao escopo dessa dissertação.

O sucesso taiwanês, todavia, não foi resultado apenas de uma dinâmica nacional ou de políticas de incentivo bem desenhadas. Na verdade, algumas mudanças favoreceram a ascensão de Taiwan. O Japão, nos anos 70 e 80, era um dos líderes da indústria, dominando principalmente a produção de memórias DRAM. Nesse momento, os grandes conglomerados japoneses eram IDM's²⁹ e, ao longo da ascensão japonesa, acumularam superávits comerciais significativos em relação aos EUA. Esse cenário suscitou dois movimentos importantes, em primeiro lugar, o Acordo de Plaza, em 1985, que visava reduzir o déficit comercial americano por meio da valorização acelerada do iene frente ao dólar (BERNARD, 1991) e, particularmente, importante para o objeto em análise, o Acordo Estados Unidos-Japão sobre Semicondutores de 1986.

Esse acordo foi, em grande medida, resultado da pressão do governo norte-americano sobre o Japão e teve origem não apenas em função dos déficits comerciais supracitados, mas, também, do lobby realizado pelas empresas norte-americanas de tecnologia que perderam mercado para empresas japonesas (MILLER, 2023). O acordo de 1986 tinha como alvos principais o “despejo” de produtos japoneses nos mercados globais, competindo com as empresas norte-americanas, e as restrições de acesso ao mercado japonês para as empresas dos EUA (BALDWIN, 1994). Como consequência do acordo, o governo japonês concordou “em limitar suas vendas de chips para os EUA e prometeu não vender a preços baixos.” (MILLER,

²⁹ Quando a indústria surgiu nos EUA, entre os anos 40 e 50, as principais empresas eram *Vertically integrated electronics Original Equipment Manufacturers* ("Fabricantes de Equipamentos Originais de Eletrônicos Integrados Verticalmente), ou seja, essas empresas controlavam diversas etapas do processo de produção, desde o design e desenvolvimento de componentes eletrônicos até a fabricação e montagem de dispositivos finais. Um exemplo de empresa que adotava essa estratégia é a IBM que fabricava e testava os componentes eletrônicos que seriam utilizados na montagem dos seus computadores eletrônicos, calculadoras etc. Posteriormente, nos anos 60, a Intel inaugurou um novo modelo de negócios e foi seguida pelas principais empresas japonesas. Nesse modelo, o foco está em produtos específicos que poderiam ser incorporados em diferentes dispositivos eletrônicos, por exemplo, chips de memória. Nesse sentido, as IDM's controlam as etapas de produção de produtos específicos, colocando suas marcas neles (Hutcheson, 2016, p. 2-3; Miller, 2023, p. 101-103).

2023, p. 173)³⁰. Abriu-se, então, uma brecha no mercado de DRAM que seria ocupado pela Coreia do Sul. Já o Acordo de Plaza transformou o Japão “no maior investidor internacional” intensificando “um processo de deslocamento produtivo em direção aos países do leste e sudeste asiático.” (MEDEIROS, 1997, p. 17).

Ademais, ao longo dos anos 70 e 80, intensificou-se o processo de internacionalização e fragmentação da produção,³¹ com mais e mais empresas norte-americanas expandindo sua produção para a Ásia. Nesse cenário, dada a existência de um Estado que dispunha dos meios, conforme discutido no capítulo 2, para levar adiante uma estratégia de desenvolvimento, Taiwan pode aproveitar esse processo, adquirir tecnologia e expertise estrangeira. Contudo, um elemento central para explicar o êxito taiwanês foi a criação de um novo modelo de negócio, isto é, “*the foundrie model*” como estratégia de desenvolvimento para a indústria de semicondutores.

É interessante notar que a própria ideia de um modelo “foundry” só faz sentido caso haja compartilhamento de tecnologia e informação. Como discutido no capítulo 1, manufaturar um CI pensado por outra empresa exige um ajuste fino entre as etapas de design e fabricação, o que implica que a fabricante do chip possua informações sobre como o chip foi projetado. Esse cenário era ainda mais dramático quando se formou a TSMC. Isto, pois todas as grandes da indústria eram IDM’s, ou seja, uma empresa como a Intel que dominava todas as etapas de produção de CI ao contratar uma *foundrie*, como a TSMC, necessariamente compartilharia informações sobre o processo de fabricação dos seus produtos.

Nesse caso, a aproximação entre EUA e Taiwan desempenhou um papel fundamental, para além da ajuda técnica e financeira discutidas anteriormente. Isto, pois a aproximação entre os dois países teve como “legado” não apenas a aproximação entre as suas burocracias, mas, também, entre as classes empresariais. Essa aproximação foi importante para que as IDM’s da época aceitassem compartilhar suas informações. Sobre esse ponto, Miller (2023, p. 210) destaca:

³⁰ Para uma descrição acurada do acordo ver além de Baldwin (1994): OTA (1991); Johnson (1991); Irwin (1996)

³¹ A internacionalização via ETN’s, como observam Medeiros e Sarti (2020), tinha como objetivo acessar a mão de obra barata em países subdesenvolvidos e, na ausência de uma estratégia doméstica, terminavam por aprofundar a dependência tecnológica. Evidentemente, a implementação de uma estratégia desse tipo passa pela capacidade dos Estados realizarem políticas com algum grau de autonomia, esse foi o caso, por exemplo, de países como a China, Taiwan, Coreia do Sul.

“Um ingrediente crucial no sucesso precoce da TSMC foram os laços profundos com a indústria de chips dos EUA. A maioria dos seus clientes eram projetistas de chips dos EUA, e muitos funcionários importantes haviam trabalhado no Vale do Silício.”

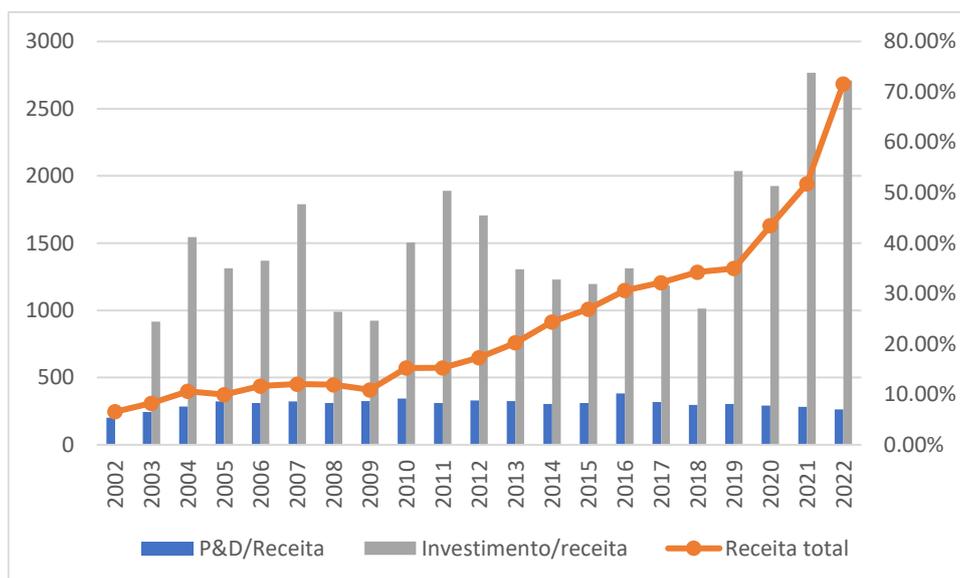
3.2. A expansão da indústria de semicondutores no século XXI

Nos anos 2000, o ITRI-ERSO continuou desempenhando um papel importante na indústria de semicondutores, contribuindo para que empresas nas etapas de design e testagem/empacotamento ganhassem competitividade internacional (WANG E SHIU, 2014). Por outro lado, as foundries, em especial a TSMC, já não dependiam do ITRI para P&D. O ITRI, por exemplo, em 1998 registrou 218 patentes nos EUA, o mesmo número registrado pela TSMC sozinha. Em 2000, a TSMC já registrava mais patentes nos EUA do que o ITRI, diferença que só cresceu ao longo do século XXI, de modo que, atualmente, a TSMC figura entre as 10 empresas que mais registram patentes nos EUA (IPO, 1998, 2000, 2022).

Fato é que as empresas de manufatura, em especial as foundries ao longo do século XXI mostraram-se o segmento mais exitoso da indústria de semicondutores taiwanesa, avançando tanto em termos de receita quanto no domínio da fronteira tecnológica, com robustos orçamentos de P&D. É importante lembrar que é necessário um ajuste fino entre as etapas de design e manufatura. Assim, as equipes de design de uma fabless ou IDM que contrate os serviços de uma foundry, trabalham em estreita colaboração (SIA, 2022). Isso significa que à medida que a necessidade de capacidade computacional cresce e o design de chips se torna mais complexo, as foundries precisam acompanhar desenvolvendo capacidade para produzir CI's com núdulos cada vez menores. Isto implica que quanto maior o laço de uma foundrie com empresas de design de elevado conteúdo tecnológico, maior será o esforço da foundrie em investir em pesquisa e desenvolvimento.

Assim, a média dos gastos de P&D do setor de fabricação de chips se manteve em 8.1% entre 2002 e 2022. O menor valor para o gasto com P&D foi registrado em 2002 (5.4%), desde então o gasto sempre se manteve acima de 6,5% como percentual da receita total das *foundries*, tendo atingido o máximo de 10,2% em 2016 (ver Figura 11). Os percentuais dos gastos em P&D se mantiveram relativamente estáveis mesmo após o rápido aumento das receitas após 2019. O mesmo, entretanto, não ocorreu em relação ao percentual da receita total gasto em investimento, este, por sua vez, se acelerou rapidamente após o início da pandemia, como resposta às pressões sobre o grau de utilização de capacidade.

Figura 11 - Gastos com P&D e Investimento como percentual da receita total das foundries taiwanesas (2002-2022)

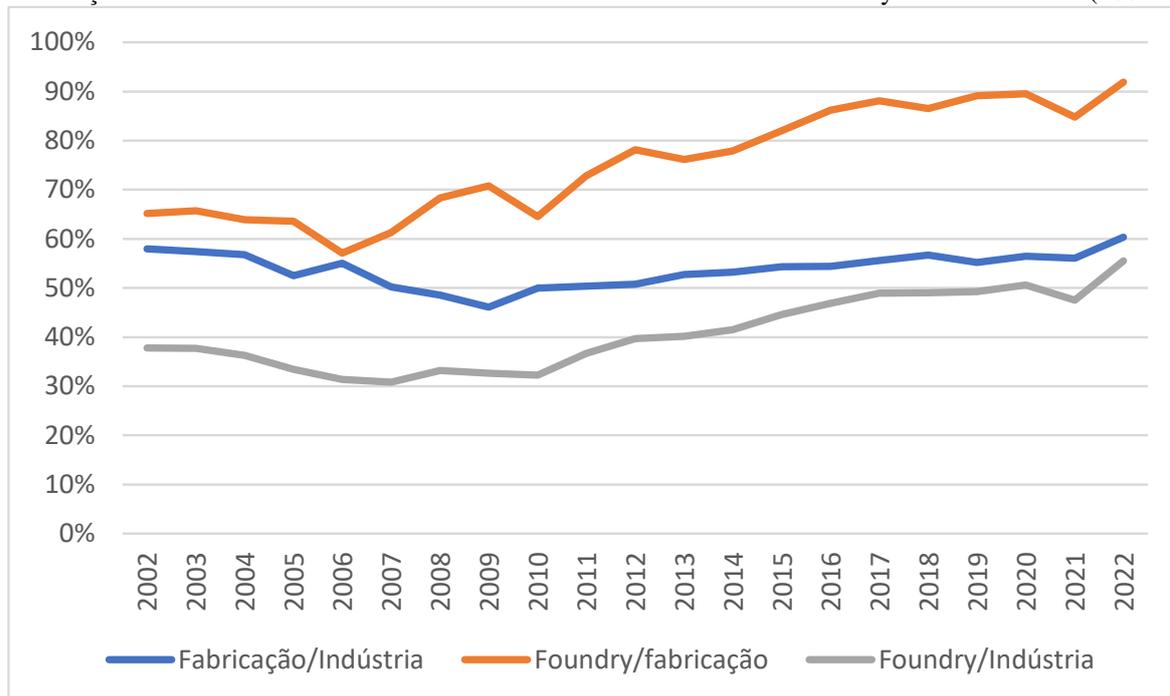


Fonte: Elaboração própria a partir de TSIA (2007,2010,2012,2014,2018,2020,2023)

Outra tendência da indústria de semicondutores em Taiwan tem sido o aumento contínuo da importância do modelo foundry. As receitas das empresas de manufatura se mantiveram em uma média de 54% das receitas totais da indústria de semicondutores, entre 2002 e 2022, com o menor percentual de 46% registrado em 2009 e o maior percentual (60%) registrado em 2022. As foundries, por sua vez, passaram a responder por uma parcela cada vez maior das receitas do setor de manufatura³² e, conseqüentemente, da indústria como um todo. Se em 2010 o modelo foundry era responsável por 64% da receita de fabricação e 32% das receitas totais, em 2020 estes valores saltaram para 89% e 59%, respectivamente.

³² Na prática, isso quer dizer que as empresas de manufatura que colocam suas marcas nos produtos perderam espaço para aquelas empresas que apenas manufaturam chips para terceiros.

Figura 12- Percentuais da Receita na Indústria de Semicondutores de Taiwan: Comparação entre Fabricação e modelo Foundry (2002-2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de TSIA (2007,2010,2012,2014,2018,2020,2023)

Atualmente, a indústria de semicondutores taiwanesa possui participação expressiva nas três etapas que compõem núcleo principal do processo produtivo. De acordo com um relatório da Associação Taiwanesa de Semicondutores, no ano de 2020, as empresas de Taiwan foram responsáveis por 77.3% da receita total entre as foundries globais, 57.7% das vendas com as etapas de empacotamento/testagem e 20.1% das vendas nas etapas de design (TSIA, 2020).

Assim, a principal posição estratégica de Taiwan na indústria global diz respeito a fabricação de “chips” de última geração. A indústria global depende da capacidade de manufatura de Taiwan. Essa capacidade está, essencialmente, centrada na TSMC e na United Microelectronics Corporation (UMC). As duas empresas juntas possuem cerca de 65% de market share do mercado global de manufatura. Sendo que apenas a TSMC possui mais da metade do mercado (57%).

É importante destacar que a TSMC precisa fornecer aos seus clientes a infraestrutura necessária para o Design adequado dos chips. Nesse sentido, a TSMC necessita dos serviços e produtos de empresas nos segmentos de EDA³³, Propriedade Intelectual de Silício³⁴ e Design

³³ As EDA (Electronic Design Automation) são um conjunto de software e recursos utilizados para projetar, simular e verificar circuitos eletrônicos.

³⁴ A Propriedade Intelectual de Silício refere-se a componentes de design de CI’s que são criados e licenciados para uso. Esses componentes são essencialmente blocos de construção pré-fabricados que podem incluir blocos

de processo (*process design kits* - PDK³⁵). A fim de garantir o suprimento dessa demanda, a empresa conta com uma estratégia que denominou Plataforma de Inovação Aberta (Open Innovation Platform – OIP). De acordo com o relatório anual da empresa:

A iniciativa OIP (Plataforma de Inovação Aberta) é uma infraestrutura abrangente de tecnologia de design que abrange todas as áreas críticas de implementação de CI (Circuitos Integrados) para reduzir as barreiras de design [...] O OIP promove a implementação rápida de inovações na comunidade de design de semicondutores e em seus parceiros do ecossistema, utilizando a propriedade intelectual (IP) e a tecnologia de processo da TSMC e de seus parceiros na implementação de design e serviços de back-end. (Tradução nossa, TSMC, 2022, p. 107)

A estratégia OIP da TSMC está em grande medida baseada em empresas dos EUA (ver quadro 6). Cerca de 63% das alianças no fornecimento de EDA, 33% no fornecimento de PDK e 55% no acesso à Propriedade Intelectual de Silício são com empresas dos EUA.

Vale destacar que a TSMC não apresenta em seu balanço anual o quanto adquire de cada empresa, de modo que é difícil saber o peso real que cada empresa possui no fornecimento desses serviços/produtos. Todavia, é possível que o peso relativo de empresas estadunidenses seja maior do que o simples cálculo do percentual norte-americano nas alianças da OIP. Isto, pois os EUA possuem a liderança nos mercados de EDA, Design e IP, com algumas poucas empresas respondendo por fatias grandes desses mercados.

No caso do segmento de IP de silício, as 10 maiores empresas detêm 80% da receita total do mercado. Entre essas 10 empresas, a ARM (41%) e a Synopsys (19%) detêm, somadas, 60% da receita total com IP. Das 10 maiores empresas, 5 são norte-americanas (Cadence, CEVA, Rambus, Spectral SST, Synopsys) e juntas respondem por cerca de 30% do mercado³⁶. Todas essas empresas fazem parte da iniciativa OIP da TSMC. Já o mercado de EDA é mais concentrado, com as três maiores empresas respondendo por 91,6% de receita total do segmento. A Synopsys lidera o market share da receita com 45.78% do mercado, seguida pela

de lógica, unidades de processamento, controladores de interface, blocos de memória, periféricos e outros elementos de hardware. A IP de Silício é desenvolvida para ser reutilizável em diferentes designs de chips, de modo que empresas que projetam chips podem licenciar essas IP's de terceiros em vez de criar esses componentes do zero.

³⁵ PDK's são conjuntos de ferramentas, informações e arquivos fornecidos por fabricantes de semicondutores e fundições para ajudar os designers de circuitos a criar e validar seus produtos eletrônicos. Esses kits contêm informações detalhadas sobre o processo de fabricação de chips específico da fundição, incluindo dados sobre o layout, características elétricas, modelos de dispositivos, regras de projeto, entre outros.

³⁶ Dados retirados do relatório da IPnest para o ano de 2022. Acessível em: <
<https://semiwiki.com/semiconductor-services/327734-design-ip-sales-grew-20-2-in-2022-after-19-4-in-2021-and-16-7-in-2020/>>

Cadence (32%) e a Siemens (13.64%). Aqui vale um comentário sobre a Siemens que entrou no mercado de EDA adquirindo a norte-americana Mentor em 2017.³⁷

Assim, é provável que a TSMC dependa das empresas norte-americanas para atividades de Design, com os chips manufaturados em suas fábricas contendo tecnologia estadunidense incorporada. Isto, pois como discutido acima, as principais empresas norte-americanas, além de dominarem os mercados de EDA e IP, fazem parte da estratégia OIP da TSMC. O mercado de EDA, especificamente, é altamente concentrado nos EUA.

De modo a deixar claro como ocorre essa dinâmica de incorporação de tecnologia EDA e IP nos chips vendidos pela TSMC, vale explicar como se dá a relação de uma foundry com os seus clientes. Como já mencionado, uma foundry apenas manufatura um chip projetado por outra empresa, em geral, uma empresa de design que apenas projeta o chip. As foundries precisam de IP para oferecer aos clientes blocos de design reutilizáveis. Já as ferramentas de EDA permitem que os engenheiros projetem, simulem e verifiquem circuitos eletrônicos. Essas EDA`s são projetadas para serem compatíveis com os processos de fabricação específicos da foundry. Associados às EDA`s estão as PDK`s. Uma vez que os PDK`s são conjuntos de informações fornecidos pela fundição (ou foundry) para proporcionar acesso aberto ao seu processo genérico de fabricação, essas informações são utilizadas conjuntamente com as EDA`s para facilitar o design e a compatibilidade com o processo da fundição. Essas atividades são fornecidas pela TSMC a seus clientes por meio, justamente, da iniciativa OIP.

A China é o principal parceiro comercial de Taiwan com relação aos semicondutores. As participações chinesas correspondem a cerca de 30% tanto das importações quanto exportações. Os EUA, por sua vez, têm um peso pequeno, com cerca de 2% do total exportado por Taiwan e 7.5% das importações (ver tabela 4). Em geral, a etapa de manufatura necessita de equipamentos de fabricação, produtos químicos para fabricação e wafers de silício (BASAIKOVA E KLEINHAS, 2020, p. 14).

O mercado de equipamentos é dominado por empresas como Applied Materials (AMAT), Lam Research (LAM) e KLA nos Estados Unidos, ASML na Holanda e Tokyo Electron (TEL) no Japão. Na distribuição das receitas totais do mercado de equipamentos por país sede da matriz das empresas, os EUA contavam, em 2015, com 47% de market share, já a

³⁷ Os PDK`s são fornecidos de forma próxima às ferramentas EDA, de modo que em geral são as mesmas empresas por meio de subsidiárias ou empresas parceiras que oferecem os PDK`s. Não foram encontradas informações a respeito das vendas de PDK`s, especificamente, mas é provável que siga, ao menos parcialmente, o domínio das empresas de EDA.

Holanda e o Japão possuem, respectivamente, 17% e 30%. Entretanto, a tecnologia mais recente para cortar wafers de silício é chamada EUV ou litografia de ultravioleta extremo. A ASML é a única empresa que possui a tecnologia para construir máquinas de fabricação de chips com litografia de ultravioleta extremo (Extreme Ultraviolet lithography – EUV), de modo que a receita de empresas sediadas nos EUA e Japão advém da venda de equipamentos mais distantes da fronteira tecnológica (BASAIKOVA E KLEINHAS, 2020; DoC, 2016, p. 5; MILLER, 2023, p. 277-283). Os equipamentos de EUV geralmente são indispensáveis na produção de CI's com nódulos abaixo de 14 nm, de modo que outros equipamentos de litografia são utilizados em CI's de nódulos maiores. Esses equipamentos menos sofisticados, por sua vez, podem ser produzidos por um número maior de empresas.³⁸

A Holanda aderiu aos controles de exportação dos EUA, limitando as vendas de máquinas e equipamentos de litografia para a China. Os controles holandeses começaram a valer em outubro de 2023. A ASML, entretanto, contou com algumas licenças para exportar equipamentos para a China, mas no início de 2024 o governo holandês revogou algumas dessas licenças para equipamentos de litografia DUV. Segundo a empresa holandesa, a nova medida afetou apenas um pequeno número de empresas na China e equipamentos de criticidade média (ASML, 2023, 2024).³⁹

Os produtos químicos para fabricação são fornecidos por empresas que fornecem químicos e gases para diferentes indústrias, poucas empresas atuam apenas fornecendo esses materiais para a indústria de semicondutores. O mercado, em geral, é dominado por empresas japonesas como Shin-Etsu, Sumitomo Chemicals e Mitsui Chemicals. Algumas empresas europeias e chinesas, também, possuem relevância. No caso de Taiwan, a Taiwan Specialty Chemicals Corp é uma importante empresa que trabalha próxima à TSMC, auxiliando, inclusive, na nova fábrica do Arizona discutida adiante. Já o mercado de wafer de silício é bem concentrado em torno de 5 empresas: Shin-Etsu e Sumco no Japão, GlobalWafers (Taiwan), Siltronic (Europa) e SK Siltron (Coreia do Sul) (BASAIKOVA E KLEINHAS, 2020, p. 18-20; Goodman et al., 2019, p 12-17).

³⁸ Para uma visão geral dos equipamentos de litografia, bem sua utilização por nódulo de produção ver: Sharma et al (2022), Kamal (2021), Iwamoto (2020).

³⁹ Na verdade, a Holanda e a União Europeia desde 2021 vestão impondo controles de exportação sobre tecnologias de uso dual. Para um revisão dos efeitos institucionais e cronológicos das restrições holandesas ver: Hrynkiv e Lavrijssen (2024).

Assim, para garantir o funcionamento das suas foundries, Taiwan importa parte da sua necessidade desses equipamentos e produtos. Cerca de 0.85% de todas as importações de Taiwan são voltadas para elementos químicos usados em eletrônicos, desse percentual cerca 46% vêm do Japão, 19.3% da China, 6% de Singapura e 6% dos EUA. Já as importações taiwanesas de equipamentos para fabricação de chips advêm, principalmente, da Holanda (28%), Japão (35%) e EUA (16%) (OEC, 2021; KHAVEEN, 2023). Por fim, as importações de wafers de silício para serem cortados em chips estão incorporadas nas importações de circuitos integrados.⁴⁰ Olhando especificamente para a TSMC, cerca de 80% das aquisições de equipamentos, materiais são feitas a empresas cujas matrizes estão localizadas no Japão, nos Estados Unidos e na Europa Ocidental (TSMC, 2017, p. 51)⁴¹

⁴⁰ Esses dados foram retirados da base de dados da OEC (2021). Disponível em: <<https://oec.world/en/product-landing/hs>>. Os elementos químicos usados em eletrônicos seguem o código 3818 da *Harmonized System* (HS). Já os equipamentos seguem o código 848610 do mesmo sistema.

⁴¹ A TSMC não divulga o peso individual das empresas das quais compra materiais e equipamentos, tampouco apresenta a divisão geográfica das aquisições. Apenas menciona que contrata algumas das principais empresas. Ver TSMC (2022, p. 105)

Quadro 6 - Relações da TSMC nos segmentos de EDA, Propriedade Intelectual de Silício (IP) e Kits de design de processo

Ferramentas de EDA		IP		Design	
Empresa	Matriz	Empresa	Matriz	Empresa	Matriz
Altair Engineering	Estado Unidos	Achronix	Estados Unidos	Alchip Technologies	Taiwan
Ansys	Estado Unidos	Agile Analog	Inglaterra	Cyent Inc.	Índia
AnaGlobe	Taiwan	Alphawave	Inglaterra	Global UniChip Corp.	Taiwan
Arteris	Estados Unidos	Andes Bits	Estado Unidos	MosChip	Índia
Cadence Design Systems	Estados Unidos	Andes Technology	Taiwan	PGC (Progate Group Corporation)	Taiwan
Empyrean	China	ARAGIO	Estados Unidos	Sankalp Semiconductor (An HCL Technologies Company)	Índia
Insight EDA	Estados Unidos	ARASAN	Estados Unidos	Sevya Multimedia	Índia
IROC Technologies	França	ARM	Inglaterra	Silicon Topology Co., Ltd	Taiwan
Keysight Technologies	Estados Unidos	Arteris	Estados Unidos	Tessolve Semiconductor	Índia
Lorentz Solution	Estados Unidos	Cadence	Estados Unidos	IC/Alps	França
MunEDA	Alemanha	CEVA	Estados Unidos	IMEC	Bélgica
Siemens EDA	Alemanha	Chips Media	Coreia do Sul	Innomize	Israel
Silvaco	Estados Unidos	Creo	Estados Unidos	Sofics	Bélgica
SkillCAD	Estados Unidos	Dolphin	França	Sondrel Ltd.	Inglaterra
Synopsys	Estados Unidos	Emermory	Taiwan	Dai Nippon Printing Co., Ltd.	Japão
	X	Flexlogix	Estados Unidos	NSW, Inc.	Japão
	X	GUC	Taiwan	Toppan Inc.	Japão
	X	Imagination	Inglaterra	ACL Digital (An ALTEN Group Company)	Estados Unidos
	X	Innosilicon	China	Alphawave Semi. Custom Silicon	Estados Unidos
	X	Intrinsic ID	Estados Unidos	BigBang Semi	Estados Unidos
	X	M31	Taiwan	Cadence	Estados Unidos
	X	MIPS	Estados Unidos	Quest Global	Estados Unidos
	X	MIXel	Estados Unidos	Synopsys	Estados Unidos
	X	Mobiveil	Estados Unidos	ULKASEMI Inc.	Estados Unidos
	X	OMNI Design	Estados Unidos	Uniquify Inc.	Estados Unidos
	X	Proteantecs	Israel	Wipro Ltd.	Estados Unidos
	X	Rambus	Estados Unidos		X
	X	Sifive	Estados Unidos		X
	X	Silicon Creations	Estados Unidos		X
	X	SiliconGate	Portugal		X
	X	SILVACO	Estados Unidos		X
	X	SIL	Japão		X
	X	Softics	Bélgica		X
	X	Spectral SST	Estados Unidos		X
	X	Synopsys	Estados Unidos		X
	X	TCI	Estados Unidos		X
	X	VMC	Taiwan		X

Quadro 6 - Relações da TSMC nos segmentos de EDA, Propriedade Intelectual de Silício (IP) e Kits de design de processo

Fonte - Elaboração própria a partir de TSMC Open Innovation Platform. Acessível em: <<https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/oip>>.

Tabela 4 - Composição geográfica das Exportações e Importações de semicondutores de Taiwan (2020)

	Exportação	Importação
China	30.50%	33.20%
Hong Kong	24.80%	0.20%
Singapura	14.40%	10.10%
Coréia do Sul	7.02%	14.20%
Japão	7.18%	15.40%
EUA	1.85%	7.58%
Outros	14.25%	19.32%

Fonte 1 - OEC (2021)

Tabela 5 - Market share global da manufatura de semicondutores (2020, 2021)

	2020	2021
TSMC	57.60%	56.75%
Samsung Foundry	14%	14.50%
UMC	7.30%	8%
GlobalFoundries	7.30%	6.50%
SMIC	4.60%	5.50%
Others	9%	8.75%

Fonte 2 - Elaboração própria a partir de Counterpoint (2022). Acessível em: <<https://www.counterpointresearch.com/global-semiconductor-foundry-market-share/>>

Tabela 6 - Composição das Vendas da TSMC e UMC por tecnologia (2020)

UMC		TSMC	
x>500nm	2.5%	90 nm+	12.97%
180<x<= 350 nm	7.8%	65 nm	4.73%
130nm<x<=180 nm	13.0%	40/45 nm	7.36%
90nm<x<=130 nm	11.5%	28 nm	10.89%
65 nm<x<= 90 nm	8.3%	20 nm	0.40%
40nm<x<=65 nm	18.8%	16 nm	13.60%
28nm <x<=40 nm	18.5%	10 nm	0.05%
14nm<x<= 28 nm	19.8%	7 nm	31.34%
x < 14 nm	0%	5 nm	18.67%

Fonte - Elaboração própria a partir de TSMC (2020) e UMC (2020)

A TSMC domina a produção de CI's mais avançados, isto é, aqueles com nódulos inferiores a 10 nm e a UMC, por sua vez, domina a produção de nódulos acima de 28 nm. (Ver Tabela 6). A tabela 6 mostra que a TSMC obtém cerca de 50% da sua receita a partir de circuitos integrados de alta tecnologia, isto é, abaixo de 10 nm. A UMC, por sua vez, sequer é capaz de manufaturar CI's de nódulos desse tamanho, sendo que cerca de 43% da sua receita advém da

CI's acima de 65 nanômetros, ou seja, chips muitas gerações atrás daqueles manufaturados pela TSMC. Essa característica se reflete na composição geográfica da receita (Ver tabela 7)

Tabela 7 - Vendas da TSMC e UMC por região (2020)

UMC		TSMC	
EUA	22%	EUA	64.00%
Pacífico asiático	64.25%	China	10.37%
Europa	7.50%	Japão	4.53%
Japão	6.25%	Outros	21.10%

Fonte 3 - Elaboração própria a partir de TSMC (2020) e UMC (2020)

Enquanto a maior parte da receita da UMC advém de países da Ásia-pacífico, o grande mercado de destino das vendas da TSMC são os EUA e, em menor grau, a China. Na verdade, cerca de 64% das vendas da TSMC são destinadas aos EUA. À medida que as empresas norte-americanas dominam o setor de Design sendo, em geral, fables, elas dependem da capacidade de manufatura de terceiros. Além disso, como apresentado no capítulo 1, os EUA não possuem capacidade instalada para manufatura CI's de alta densidade tecnológica, mesmo a Intel, principal IDM, depende da capacidade taiwanesa. Nesse sentido, a TSMC é uma empresa estratégica para a operação das empresas estadunidenses. É indispensável destacar que os dados fornecidos pela TSMC e UMC não são categorizados geograficamente pela região de entrega do produto. Na verdade, a categorização é feita a partir do país no qual os seus clientes sediam a matriz.

Assim, por exemplo, se a TSMC manufatura o chip cujo design foi feito por uma empresa norte-americana, como a Apple, não necessariamente esse chip seria entregue nos EUA. Na realidade, provavelmente, o chip iria para alguma subsidiária da Apple, fora dos EUA, onde seria incorporado em algum produto final (smartphone, computador, tablet etc). No caso de uma empresa como a Intel que vende CI's de marca própria, provavelmente, o chip seria enviado para outros territórios da Ásia, como a China, para testagem e embalagem antes de ser encaminhado para o seu destino final.

Portanto, se, por um lado, a demanda das empresas taiwanesas depende principalmente de pedidos sediados nos EUA, suas bases de produção estão concentradas na China e sudeste asiático, de tal modo que no comparativo geral, a China supera os EUA em importações de semicondutores. Na verdade, “a base de produção para testagem/manufatura de produtos usando semicondutores feitos em Taiwan é centrada na China e sudeste asiático” (NOGIMORI, 2021, p. 6, tradução nossa).

Isto explica a aparente contradição entre o elevado peso das vendas da TSMC para empresas estadunidenses e o baixo peso relativo das exportações de CI's de Taiwan para os EUA. Portanto, ao invés dos pedidos das foundries taiwanesas irem direto para os EUA, eles vão para outros territórios para serem testados ou montados. Ademais, as foundries de Taiwan possuem fábricas em outros territórios, de modo que os pedidos, também, podem ser enviados a partir dessas subsidiárias. No caso da TSMC, atualmente, a empresa conta com fábricas em operação na China e nos EUA. A capacidade instalada de TSMC fora de Taiwan, entretanto, é baixa e, além disso, são fábricas com processos de produção de nódulos acima de 16nm⁴². A fábrica localizada nos EUA, por exemplo, conta com processo de fabricação de nódulos de 0.65 um (mícrons)⁴³. Dado que mais da metade da receita da TSMC é oriunda de CI's fabricados a partir de nódulos abaixo de 16 nm, é mais provável que a maior parte das vendas da TSMC para os EUA sigam o primeiro caminho, isto é, saiam de Taiwan para China ou sudeste asiático para serem testados ou montados em produtos acabados que serão exportados para os EUA.

Do ponto de vista acionário, atualmente, cerca de 70% do controle da TSMC está nas mãos de instituições não taiwanesas, 6.5% em instituições estatais de Taiwan. Já instituições financeiras dos países respondem por 3%, enquanto pessoas jurídicas e físicas de Taiwan detém, respectivamente, 6% e 13%. Além disso, a TSMC fornece no seu balanço os seus 10 principais acionistas, a saber: ADR⁴⁴(20.5%), National Development Fund, Executive Yuan (6.38%), Citibank (Taiwan) Ltd. em custódia para o governo de Singapura (3.32%), Citibank (Taiwan) Ltd. em custódia para o Norges Bank⁴⁵ (1.59%), New Labor Pension Fund⁴⁶ (1.28%), JPMorgan Chase Bank N.A., Taipei Branch em custódia para Vanguard Group⁴⁷ (2.3%), Yuanta/P-shares

⁴² Ver: TSMC (2022, p. 10);

⁴³ Ver: < <https://www.wafertech.com/en/foundry/technology.html>>

⁴⁴ American Depositary Receipts (ADRs) são recibos de depósito americanos. Esses são certificados negociáveis emitidos por um banco nos Estados Unidos que representam a propriedade de ações de uma empresa estrangeira. Os ADRs facilitam a negociação de ações de empresas estrangeiras nas bolsas de valores dos Estados Unidos. Portanto, são recibos de ações de empresas não americanas negociadas em bolsas nos EUA. As ações da TSMC estão listadas na Bolsa de Nova Iorque e o controle dessas ações é consideravelmente pulverizado, com o maior percentual individual sendo da Sanders Capital (0.85%), conforme o perfil da TSMC na BBC business, acessível em: < <https://money.cnn.com/quote/shareholders/shareholders.html?symb=TSM&subView=institutional>>.

⁴⁵ Banco norueguês

⁴⁶ Fundo de Pensão taiwanês

⁴⁷ Gestora de Investimentos norte-americana

Taiwan Top 50 ETF⁴⁸ (1%), iShares Core MSCI Emerging Markets ETF⁴⁹ (0.9%), Fubon Life Insurance (0,75%)⁵⁰ (TSMC, 2022, p. 71).

3.3. As restrições de exportações à China e a indústria de semicondutores em Taiwan

No último quarto do século XX a globalização ganhou contornos distintos⁵¹. Nesse momento, a internacionalização da produção formou cadeias produtivas globais comandadas por empresas transnacionais (ETN's), dinâmica que foi possível graças ao desenvolvimento das TIC's associado a liberalização econômica do período citado. Nessa dinâmica, como sugerido por Medeiros e Trebat (2017), duas fontes de extração de renda por parte das ETN's se consolidaram, isto é, finanças e direitos de propriedade intelectual (IP, *intellectual property*). A defesa da propriedade intelectual, especificamente, longe de ser uma necessidade ou um acelerador do processo de inovação⁵², funciona como um mecanismo extrator de rendas de monopólio.

Ademais, é importante ressaltar que a difusão dos direitos de IP funciona não apenas como um mecanismo extrator de renda, mas, também, como um meio para brechar o acesso a tecnologias essenciais por parte de concorrentes. Nesse sentido, a expansão dos direitos de IP e a expansão do comércio em CGV, guardam uma relação importante no que diz respeito a expansão do papel desempenhado por ativos intangíveis na produção (MILBERG E DURAND, 2019).

Foi nesse período de internacionalização que a produção de semicondutores passou por mudanças importantes. Isto é, a expansão da indústria de CI's para diferentes áreas geográficas, com destaque para a Ásia, formou um sistema complexo e com elevado "grau de diferenciação em seus insumos, bens finais e aplicações", dificultando que um único país seja capaz de internalizar todas as etapas de produção. Apesar desse movimento, os EUA mantiveram o controle do eixo fundamental que sustenta a indústria, ou seja, o domínio sobre as tecnologias envolvidas nos equipamentos de fabricação, etapas intensivas em IP embricadas ao processo de

⁴⁸ Fundo negociado em bolsa que replica o desempenho do índice Taiwan Top 50 (índice com as 50 principais empresas listadas na Bolsa de Taiwan)

⁴⁹ Fundo negociado em bolsa nos EUA e gerido pela gestora BlackRock.

⁵⁰ Empresa de seguros de vida de Hong Kong

⁵¹ Na verdade, como sugerido por Hopkins e Wallerstein (1986), as cadeias produtivas dispersas globalmente antecedem, e muito, o final do século XX. Nesse sentido, o que se está afirmando é que a globalização produtiva após anos 80 se deu de forma diferenciada.

manufatura e a etapa de design como um todo. Como será discutido adiante, é, justamente, esse domínio que permitiu aos EUA limitar o acesso chinês aos CI's (MAJEROWICZ, 2022, p. 334-338).

No conflito recente envolvendo a indústria de semicondutores, os EUA têm tentado breçar o acesso chinês à indústria de semicondutores valendo-se, também, do seu domínio sobre os mercados de Propriedade Intelectual, ferramentas EDA e Design. De modo geral, a ofensiva americana tem se dado em três frentes. Em primeiro lugar estão os controles de exportação (CE) e políticas tarifárias iniciadas ainda durante o governo Trump (2017-2021). Em segundo, as articulações internacionais para isolar as empresas de tecnologia de informação e comunicação chinesa. Por fim está o episódio mais recente, a volta explícita da política industrial para setor pós-pandemia (FULLER, 2020).

Controles de exportação e políticas tarifárias

O uso dos controles de exportação está intimamente ligado ao domínio dos EUA sobre o mercado de propriedade intelectual, afinal, seu uso visa, justamente, controlar como e onde as IP's baseadas nos EUA podem ser usadas. Resumidamente, esses CE's assumem 3 formas, conforme Bloch (2011, p. 2, tradução nossa):

“Em primeiro lugar, existem transações proibidas. Certas coisas simplesmente não podem ser "exportadas" sem permissão prévia do governo e, muitas vezes, não podem ser exportadas de forma alguma. Armas nucleares, químicas e biológicas, juntamente com tecnologias de criptografia forte, estão sujeitas a uma proibição de exportação. Em segundo lugar, existem transações regulamentadas. Tecnologias de uso duplo podem ser exportadas, mas apenas com uma licença do governo e somente para destinatários designados. Em terceiro lugar, existem termos contratuais específicos que podem não aparecer (ou não serem aplicados) em licenças que, de outra forma, não seriam objetáveis.”

Esses controles são implementados por meio de leis específicas sob responsabilidade de diferentes organismos. O Escritório de Indústria e Segurança (BIS), sob a alçada do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, tem a responsabilidade de gerenciar e fazer cumprir as Regulamentações de Administração de Exportações (EAR) que englobam produtos de uso dual. Enquanto isso, o Departamento de Estado, por meio da Diretoria de Controle de Comércio de Armas de Defesa (DDTC), é encarregado de implementar as Regulamentações de Tráfego Internacional de Armas (ITAR) para regulamentar as exportações de produtos, serviços, tecnologia e informações técnicas relacionadas a armamentos. Como pontuado por Seyoum (2017, p. 52, tradução nossa):

“Disputas interdepartamentais muitas vezes surgem em relação a se um item é puramente comercial (controlado pelo BIS) ou militar (controlado pelo DDTC). Este

último tem a autoridade para decidir qual agência tem jurisdição. Ao longo dos anos, o DDTC tem sido bastante agressivo em afirmar sua jurisdição em áreas que também são reivindicadas pelo BIS. O DDTC consulta o Departamento de Defesa para estabelecer políticas de licenciamento e tomar decisões sobre solicitações de licenças.”

Em 2018, já no contexto da disputa tecnológica entre China e EUA de forma mais explícita, os EUA aprovaram o Export Control Reform Act (ECRA) a fim de aumentar o controle sobre tecnologias emergentes essenciais para a segurança nacional, na reforma estão tecnologias como robótica, manufatura aditiva (impressão 3D) e tecnologias de vigilância avançada (LAZAROU, 2019). O ECRA, em grande medida, foi uma resposta ao "Made in China 2025".

No caso discutido nesse trabalho, as autoridades americanas, também, estão se valendo da seção 301 da lei de comércio dos EUA de 1974, a mesma que serviu de base para pressionar o Japão na segunda metade dos anos 80 e, em geral, é usada para investigar práticas comerciais supostamente desleais. De acordo com o Escritório do Representante de Comércio dos Estados Unidos (USTR, 2018, p. 1, tradução nossa):

“Sujeito à orientação do Presidente, a Seção 301 concede ao Representante de Comércio ampla autoridade para investigar e tomar medidas apropriadas e viáveis para eliminar práticas comerciais injustas, incluindo "um ato, política ou prática de um país estrangeiro que seja irracional ou discriminatório e que prejudique ou restrinja o comércio dos Estados Unidos".

Na verdade, foi por meio da seção 301 que os EUA deram início à ofensiva na indústria de semicondutores quando, em 2017, o USTR, sob orientação presidencial do governo Trump, começou a investigar “as leis, políticas, práticas ou ações da China que possam ser consideradas irrazoáveis ou discriminatórias e que possam estar prejudicando os direitos de propriedade intelectual (PI) americanos, inovação ou desenvolvimento de tecnologia” (USTR, 2018a, p. 2). Como resultado da investigação, o USTR apontou práticas supostamente injustas como transferência forçada de tecnologia como contrapartida para acessar o mercado chinês, espionagem industrial, roubo de propriedade intelectual, (USTR, 2018a, 2018b).

Assim, entre 2018-2019, tendo como retórica as investigações citadas acima, o governo Trump impôs:

“tarifas de 25 por cento sobre as importações de semicondutores da China. Os semicondutores foram incluídos na primeira de muitas rodadas de novas tarifas dos EUA que, até setembro de 2019, cobriram mais de US\$ 350 bilhões em importações da China. A China retaliou impondo tarifas de quase US\$ 100 bilhões sobre as exportações dos EUA em 2018 e 2019, embora tenha deliberadamente se absterido de direcionar circuitos integrados ou equipamentos de fabricação de semicondutores.” (BOWN, 2020, p. 375).

Apesar das imposições tarifárias, foram os controles de exportação que desempenharam o papel mais importante em limitar o acesso chinês às tecnologias dos semicondutores. Assim, em maio e agosto de 2019, o BIS adicionou a Huawei e afiliadas à Lista de Entidades para as quais é ilegal fornecer bens ou serviços sem uma licença designada pelo governo, dando início a um movimento que segue em curso. O último e mais recente ataque estadunidense foi feito em outubro de 2023 com a inclusão de mais 13 empresas chinesa na Lista de Entidades (BOWN, 2020; FISHER, 2023; BIS, 2023).

É interessante notar aqui que houve uma mudança sensível no perfil das entidades listadas ao longo do tempo. Na verdade, desde 2008, os EUA aumentaram progressivamente o número de empresas (chinesas ou não) listadas. Entre 2002 e 2008, por exemplo, o número total de entidades esteve estável em torno de 200 empresas, porém, de 2008 a 2014, o número saltou para aproximadamente 600 empresas, atingindo, em 2020, mais de 1100 entidades. Ademais, do ponto de vista regional, o foco das restrições mudou, entre 2002 a 2020, do Oriente Médio para Rússia e, desde 2018, para a China. Nesse contexto, o perfil setorial das restrições, também, variou com as restrições focando em empresas de tecnologia e vigilância (NEY, 2021). Esse comportamento favorece a hipótese de que as restrições dos EUA contra a China tem como fundo a questão tecnológica e militar.

O uso das restrições contra China se acentuaram, como já mencionado, durante a administração do Donald Trump, mas há uma mudança no uso da “lista de entidades” em relação ao atual governo do Joe Biden. As imposições impostas ao longo de 2018 e 2020 tinham como foco principal a Huawei e suas subsidiárias (GUO, WANG, XU; 2021; p. 6).⁵³ O governo Biden, por outro lado, usou as restrições adicionando à lista empresas chinesas que superam as ligações imediatas da Huawei, tendo, portanto, um caráter mais geral em comparação às empresas listadas durante a administração Trump. Os EUA impuseram, por exemplo, restrições ao fornecimento de equipamentos de manufatura, como discutido adiante (LARDY E HUANG, 2023).

As restrições de controle visam, principalmente, ferramentas de EDA e equipamentos de produção, como discutido no capítulo 1, a China possui fragilidades nessas etapas. A indústria EDA é altamente baseada nos EUA, sendo um oligopólio formado pela Cadence, Synopsys e a Mentor Graphics, que desde 2017 é parte do grupo alemão Siemens. Embora tenha sido adquirida pela Siemens, a Mentor segue sujeita aos controles de exportação, pois

⁵³ Para um cronologia das restrições contra Huawei até 2021 ver: Guo, Wang, Xu (2021) e Bown (2020).

utilizada, em grande medida, da tecnologia de origem americana. Já em relação aos bens de capital, a produção de litografia crítica, isto é, de equipamentos voltados para manufatura de CI's de 10nm ou menos, é dominada pelo Japão (Canon e Nikon) e Holanda (ASML) (FULLER, 2020b, p. 5-7). Na verdade, a ASML possui uma fatia do mercado de litografia avançada significativamente maior do que suas concorrentes, possuindo um market share de aproximadamente 90% e sendo a única a dominar os equipamentos para produção de nódulos menores (ASML, 2023). A TSMC, por exemplo, depende dos equipamentos da ASML para manufatura chips.

Assim, para que os controles de exportações sejam efetivos, os EUA precisam coordenar adequadamente seus aliados. Ademais, ao contrário do que ocorrera nos anos 80 durante a ofensiva contra o Japão, parte das restrições impostas pelos EUA à China geraram ruídos entre o governo e a SIA, em especial, o aumento das tarifas alfandegárias. Apesar disso, a SIA não deixou de recorrer ao governo no que diz respeito a incentivos fiscais e políticas seletivas. Nesse sentido, no contexto da ascensão chinesa, da necessidade de coordenar aliados e do lobby da SIA por um esforço estatal voltado para o setor, o governo Biden (2021-2025), para além da manutenção dos controles de exportação, deu início uma política industrial explícita, cujo impacto na indústria de semicondutores foi o “CHIPS AND SCIENCE ACT”.

CHIPS AND SCIENCE ACT e as articulações internacionais para isolar a China

O governo Biden articulou sua estratégia na indústria de semicondutores em torno do Chips ACT e da formação de alianças estratégicas. Esta última tentativa passa pelo que vem sendo chamado de “CHIPS 4 Alliance”, em referencial a tentativa de articulações com Japão, Coreia do Sul e Taiwan. (GARGEYAS, 2022).

Essa proposta visa oferecer um espaço para que “governos e empresas discutam e coordenem políticas de segurança da cadeia de suprimentos, desenvolvimento da força de trabalho, P&D...” (FT, 2022). Até o momento, entretanto, pouco avanço foi feito nessa tentativa de articulação que teve um primeiro encontro em fevereiro de 2023 (Reuters, 2023).

No que diz respeito ao Japão, desde o início de 2023, o governo japonês publicou ao menos 3 documentos impondo restrições de exportações sobre equipamentos de fabricação de semicondutores de alto desempenho, delimitando quais equipamentos podem ser exportados sem autorização prévia do governo. Os equipamentos são limitados a partir da tecnologia envolvida, compondo a lista de restrições máquinas de litografia avançada e nanoimpressão. As

restrições não foram direcionadas a nenhum país especificamente, possuindo uma aplicação geral.⁵⁴ Assim, até o momento, essas restrições não possuem nenhuma utilização contra a China, podendo ser “apenas” um movimento em cenário global de um “tecnacionalismo”. Por outro lado, caso a estratégia dos “CHIPS 4 alliance” avance para isolar a China, o Japão poderia utilizar esses controles.⁵⁵

Já o Chips ACT começou a ser debatido em janeiro de 2021, sendo sancionado pelo presidente dos EUA, Joe Biden, em agosto de 2022.⁵⁶ Por meio do CHIPS Act, o governo norte-americano destinou US\$ 52,7 bilhões para pesquisa, desenvolvimento, fabricação e desenvolvimento da força de trabalho no setor de semicondutores dos EUA, incluindo US\$ 39 bilhões em incentivos para fabricação, com US\$ 2 bilhões voltados para chips usados em veículos e sistemas de defesa, US\$ 13,2 bilhões para pesquisa e desenvolvimento, US\$ 500 milhões para atividades internacionais de segurança de tecnologia de comunicação e de semicondutores. Ademais, esse projeto prevê um subsídio de até 25% para despesas de capital relacionadas à fabricação de semicondutores e equipamentos (WHITE HOUSE, 2022).

Empresas estrangeiras podem receber não apenas recursos do fundo internacional de segurança, mas, também, os subsídios de até 25% para despesas de capital na construção ou ampliação de plantas existentes nos EUA colocadas em funcionamento após 31 de dezembro de 2022, ou para a construção iniciada antes de 1 de janeiro de 2027. As empresas que receberem os benefícios, entretanto, não pode realizar qualquer transação envolvendo a expansão substancial da capacidade de fabricação de semicondutores na República Popular da China por um período de 10 anos (HUFBAUER E HOGAN, 2022, p. 16; CHIPS ACT, 2022, p. 19-20).

Assim, os EUA, por meio do Chips ACT, tentam atrair empresas, inclusive estrangeiras, para instalar fábricas nos EUA, ao mesmo tempo, em que limitam a possibilidade de expansão de novas instalação na China. De qualquer forma, o êxito dessa estratégia passa pela capacidade estadunidense de coordenar suas ações com aliados importantes. Essa não é, entretanto, uma

⁵⁴ Os documentos foram publicados originalmente em japonês, mas podem ser encontrados traduzidos pelo “Center for Strategic and International Studies” (CSIS) em:< <https://www.csis.org/analysis/csis-translation-updated-japanese-export-controls-high-performance-semiconductor>>

⁵⁶ <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346/actions>

tarefa trivial. Além disso, o CHIPS ACT tem seu orçamento aprovado anualmente, de modo que o orçamento previsto inicialmente pode não se realizar.⁵⁷

A indústria de Semicondutores de Taiwan em meio a ofensiva norte-americana

Como mostrado na primeira seção deste capítulo, a indústria de semicondutores de Taiwan possui uma posição estratégica na etapa de manufatura, especificamente, em função das suas Foundries. A TSMC, em especial, domina a manufatura dos chips de maior conteúdo tecnológico, sendo a sua estrutura de demanda mais integrada a economia norte-americana. Além disso, a TSMC possui capacidade de fabricação de nódulos abaixo de 5nm, o que significa que mesmo IDM's precisam terceirizar parte da fabricação de chips de nódulos desse tamanho, afinal não dominam a manufatura desses chips (exceção feita à Samsung que, também, atua como foundry).

Nesse sentido, a estratégia norte-americana de limitar o acesso chinês aos chips e reconstruir capacidade nacional de manufatura avançada passa, necessariamente, pela TSMC. Até o momento de execução deste trabalho, os EUA parecem ter obtido um êxito razoável em articular suas ações com a TSMC.

No seu balanço anual de 2022 a TSMC declarou a respeito dos riscos que poderiam afetar o seu negócio:

Em maio de 2020 e novamente em agosto de 2020, os Estados Unidos fortaleceram suas medidas de controle de exportação contra a Huawei Technology Co. Ltd. e suas afiliadas (coletivamente, "Huawei" [...]) Para cumprir as leis e regulamentos relevantes, interrompemos o envio de produtos para a Huawei desde 15 de setembro de 2020. [...] Em outubro de 2022, os Estados Unidos adotaram controles de exportação adicionais sobre a China em circuitos integrados de computação avançados ("ICs"), produtos de computação que contêm esses ICs e certos itens de fabricação de semicondutores, bem como controles sobre transações envolvendo itens para supercomputadores e usos de fabricação de semicondutores[...] No mesmo mês, obtivemos uma autorização geral de um ano do governo dos Estados Unidos, que nos permite manter as operações da empresa em Nanjing, China. No entanto, não há garantia de que poderemos continuar a obter essa autorização geral de maneira oportuna ou de forma alguma. Por outro lado, medidas adotadas por um país afetado para contrabalançar o impacto das ações ou regulamentações de outro país podem levar a responsabilidade legal significativa para empresas multinacionais, incluindo a nossa. Por exemplo, em janeiro de 2021, a China adotou um estatuto de bloqueio que, entre outros assuntos, concede a entidades chinesas que sofrem danos devido ao cumprimento das leis estrangeiras por empresas multinacionais o direito de buscar recursos civis (TSMC, 2022, p. 146, tradução nossa).

⁵⁷ Vale mencionar que alguns autores como Lazonick e Hopinks (2021) argumentam que na ausência mudanças institucionais mais amplas, os subsídios podem terminar apropriados pelas empresas de semicondutores sem que se convertam em investimentos físicos.

Assim, a TSMC, desde 2020, vem limitando suas vendas para a Huawei, ademais a empresa reconhece o risco de interrupção nas suas atividades em solo chinês, especificamente na planta de Nanjing, atualmente produzindo a 16 nm, é o mais avançado na China⁵⁸ a produzir em escala industrial.

Apesar das restrições de exportações e do encerramento das vendas para Huawei, a TSMC não sofreu impactos na sua receita. Ao contrário, as receitas líquidas da empresa cresceram cerca de 40% entre 2021 e 2022 (TSMC, 2022, p. 7). Isto ocorreu, provavelmente, pela substituição dos pedidos da Huawei por pedidos de outros clientes. Por conseguinte, a favor da TSMC está o crescimento do faturamento total da indústria que cresceu 30% entre 2020 e 2022, conforme estatísticas da WSTS⁵⁹. Ademais, houve uma desconcentração entre os principais clientes da TSMC. Se em 2020 os 10 principais clientes respondiam por 74% das vendas da empresa, em 2022 esse valor caiu para 68%⁶⁰(TSMC, 2022, p. 139).

A TSMC não divulga quais seriam esses clientes, porém estima-se que sejam a Apple (23%), Qualcomm (8.9%), AMD (7.6%), Broadcom (6.6%), NVIDIA (6.3%), MediaTek (5.6%), Marvell (2.4%), Intel (5.1%), Marvel (2.4%), NXP (1.5%), Unisoc (1.2%). Concomitantemente a essa desconcentração das vendas da TSMC, a Apple cresce substancialmente suas encomendas de 11.4 bilhões de dólares, em 2020, para 17.5 bilhões de dólares (KUNDOJJALA, 2023).

Vale destacar, também, que a TSMC não foi atingida, do ponto de vista financeiro, pelos controles de exportação devido ao domínio que possui sobre a fronteira tecnológica. A TSMC tem mais da metade da sua receita como produto da venda de chips de 7nm ou menos e, atualmente, está em fase produzir em massa chips de 3nm, já tendo produzido, experimentalmente, chips com nódulos de 2nm (TSMC, 2022, p. 96). As únicas empresas que podem alcançar a TSMC em termos de capacidade tecnológica são a Intel e a Samsung. A Samsung⁶¹, porém, utiliza sua capacidade de fabricação prioritariamente para sua própria

⁵⁸ <https://www.eurasiagroup.net/files/upload/Geopolitics-Semiconductors.pdf>

⁵⁹ A *World Semiconductor Trade Statistics* (WSTS) é a uma das principais fontes de dados a respeito da indústria global de semicondutores. A maior parte dos seus dados são restritos aos seus clientes, porém, ela divulga anualmente os faturamentos totais da indústria desde 1986. Os dados podem ser acessados em:<
<https://www.wsts.org/67/Historical-Billings-Report>>

⁶⁰ Além disso, "O maior cliente da TSMC em 2020, 2021 e 2022 representou 25%, 26% e 23% da receita líquida da empresa no respectivo ano. O segundo maior cliente da TSMC em 2020 e 2021 representou 12% e 10% da receita líquida da TSMC no respectivo ano. Em 2022, o segundo maior cliente da TSMC representou menos de 10% da receita líquida da TSMC" (TSMC, 2022, p. 139).

⁶¹ A esse respeito ver o capítulo 1.

demanda, somente uma parte da sua capacidade é ofertada para fabricar chips desenhados por outras firmas. Já a Intel vem tendo problemas para dominar a produção em massa de CI's com 7nm e 5nm, apostando em um salto para dominar a produção de CI's com nódulos de 1.8nm em 2025, mas até o momento isso não ocorreu e a própria Intel depende, em alguma medida, da capacidade da TSMC. Como afirmou Morris Chang⁶² a respeito da Intel, provavelmente, a empresa seguirá à “sombra da TSMC”.

Já em relação à proibição de enviar equipamentos estadunidenses para operar fábricas na China, a TSMC vem tentando reverter esse quadro junto ao governo dos EUA. A TSMC informou que espera receber permissão dos Estados Unidos para fornecer indefinidamente ferramentas de fabricação de chips dos EUA para sua planta na China. A autorização seria obtida por meio de uma Autorização para Usuário Final Validado (*Authorization Validated End-User - VEU*)⁶³. O pedido dessa autorização foi uma sugestão direto do Departamento de Comércio dos EUA por meio do BIS à TSMC. (BLANCHARD E WU, 2023, REUTERS).

Além disso, a TSMC anunciou, em maio de 2020, planos de construir e operar uma fábrica avançada de semicondutores nos Estados Unidos, no estado do Arizona. A princípio a fábrica operaria com tecnologias de 5 nanômetros e com capacidade de produção de 20.000 wafers por mês. Em dezembro de 2022, a TSMC anunciou que, além dessa primeira fábrica no Arizona, a empresa deu início à construção de uma segunda fábrica no Arizona para iniciar a produção da tecnologia de processo de 3 nm em 2026. O investimento total para essas duas instalações será de aproximadamente US\$40 bilhões. Quando concluídas, as duas fábricas da TSMC no Arizona produzirão mais de 600.000 wafers por ano, com um valor estimado superior a US\$40 bilhões (TSMC, 2020, 2022).

Vale destacar que a TSMC, também, tem planos de expandir sua produção em outros países aliados aos EUA, seja expandindo operações existentes ou inaugurando novas fábricas. Essas instalações, entretanto, são de menor conteúdo tecnológico, com nódulos acima de 10 nanômetros.

⁶² Ver: <<https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-s-Morris-Chang-says-tougher-competition-in-store-for-chipmaker>>

⁶³ Conforme o BIS, a empresa que obtém um VEU pode “receber remessas de itens designados sujeitos à EAR de forma acelerada. Após receber um pedido de um Usuário Final Validado para um item listado na EAR como elegível para esse Usuário Final Validado, qualquer exportador pode enviar imediatamente esse item sob Autorização VEU, em vez de precisar solicitar uma licença validada individual.” (BIS, tradução nossa). Com isso, a TSMC poderia adquirir equipamentos e ferramentas com tecnologia norte-americana e enviar para suas fábricas na China, de modo a mantê-las operando.

É o caso, por exemplo, da Japan Advanced Semiconductor Manufacturing (JASM), criada, em fevereiro de 2022, a partir de uma parceria entre a TSMC, a Sony Semiconductor Solutions Corporation (SSS) e a Denso Corporation. Inicialmente fora anunciado que as instalações da JASM contariam com processo de produção de 22/28 nanômetros, mas, posteriormente, a TSMC anunciou que aprimorará as capacidades da JASM com a tecnologia de processo de 12/16 nanômetros e aumentará a capacidade de produção mensal para 55.000 wafers de 12 polegadas (TSMC, 2022).

Já em agosto de 2023, foi anunciada a intenção de construir uma fábrica na Alemanha. A nova fábrica seria resultado de um investimento conjunto da TSMC (70%), Robert Bosch GmbH (10%), Infineon Technologies AG (10%) e NXP Semiconductors (10%) na European Semiconductor Manufacturing Company (ESMC), em Dresden. A expectativa é de que a nova instalação conte com capacidade para produzir 40.000 wafers de 12 polegadas e processos de produção voltados para 22/28 nm ou 12/16 nm.

Do ponto de vista nacional, a TSMC e a manufatura de semicondutores como um todo desempenham um papel importante não apenas como setores de elevado peso relativo no PIB, mas, na verdade, funcionam como um “escudo de silício” ou como colocou Morris Chang ao falar da importância da TSMC para Taiwan: “Montanha sagrada protegendo o país”. O próprio ministro de economia, Wang Mei-hua, reconheceu que a indústria de semicondutores está relacionada à segurança nacional de Taiwan⁶⁴.

Nesse sentido, a capacidade de manufatura taiwanesa se conecta à segurança nacional por dois caminhos, em primeiro lugar uma invasão física da China poderia ter consequências graves para a própria economia chinesa, visto que empresas como a Huawei dependem largamente da capacidade instalada em solo taiwanês, o que reduz o ímpeto chinês em avançar, militarmente, sobre a antiga ilha de Formosa.

Como consequência da importância estratégica de Taiwan, a disputa sino-americana se acirrou na região. Os EUA seguem comprometidos em modernizar os sistemas de defesa de Taiwan, utilizando como retórica a Lei de Relações de Taiwan (1979), segundo a qual os EUA: “disponibilizarão a Taiwan artigos de defesa e serviços de defesa em quantidade necessária para permitir que Taiwan mantenha uma capacidade de autodefesa suficiente.” (AIT, 2022, tradução nossa). Em agosto, por exemplo, os EUA anunciaram que pretendem fornecer ajuda militar a

⁶⁴ <https://www.reuters.com/article/taiwan-china-chips/special-report-taiwan-chip-industry-emerges-as-battlefront-in-u-s-china-showdown-idUSL4N2TC0JE>

Taiwan por meio do fornecer a Taiwan Programa de Financiamento Militar Estrangeiro. Caso a ajuda se confirme, seria a primeira vez que os taiwaneses receberiam ajuda militar norte-americana por meio desse programa, tipicamente utilizado para países soberanos e independentes (FIORI, 2023; ATWOOD, 2023).

Isto posto, a perda de capacidade instalada para fabricar chips em Taiwan poderia reduzir o ímpeto do apoio norte-americano, abrindo margem para a consolidação da política de “uma única China”. Vale lembrar que o Presidente Xi Jinping, durante o 20º congresso do PCCh, reafirmou o compromisso de resolver a questão de Taiwan, tratando a reunificação como inalienável ⁶⁵.

Diante desse cenário, poderia se especular que a expansão da produção da TSMC para outros territórios reduziria o “poder de barganha” de Taiwan em relação a sua reunificação. A esse respeito, o ministro Wang Mei-hua respondeu: “Taiwan possui uma cadeia de suprimentos completa, um sistema completo e o respaldo do governo. É definitivamente a base de produção mais importante da TSMC”⁶⁶.

A favor do ministro pesa o fato de que, atualmente, a TSMC possui capacidade para fabricar cerca de 16 milhões de wafers equivalentes a 12 polegadas e a maior parte dessa capacidade está em solo taiwanês. Ademais, entre as fábricas a serem concluídas fora de Taiwan, apenas as fábricas no Arizona contam com capacidade para manufaturar chips de núdulos inferiores a 10nm.

Portanto, uma vez que um conflito armado sobre a ilha poderia ter consequências drásticas para economia global, devido à interrupção no fornecimento global de chips, a posição estratégica de Taiwan deve permanecer ao longo dos próximos anos, assim como as crescentes tensões entre EUA e China sobre a ilha.

Por fim, é importante destacar que, atualmente, Taiwan regulamenta a instalação de fábricas fora do seu território. Inclusive, no fim de 2023, o governo taiwanês, por meio do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (“*National Science and Technology Council*”, NSTC) anunciou uma lista de tecnologias sujeitas a controles para evitar vazamentos. Entre as 22 tecnologias listadas estão métodos avançados⁶⁷ de fabricação de semicondutores, isto é,

⁶⁵ https://www.fmprc.gov.cn/eng/zxxx_662805/202210/t20221025_10791908.html

⁶⁶ <https://www.reuters.com/technology/taiwan-seeks-reassure-tsmc-commitment-island-despite-us-investment-2022-12-07/>

⁶⁷ Vale mencionar que embora este trabalho use a classificação do DoD para os núdulos produzidos, não é incomum encontrar a classificação de núdulos de 14 nanômetros como tecnologia avançada.

tecnologias de produção de 14 nanômetros ou menos (até então a restrição era para tecnologias inferiores a 16 nm).⁶⁸

Nesse sentido, a TSMC contou com uma autorização do MOEA para instalar fábricas com capacidade de produção de CI's próximos a fronteira tecnológica⁶⁹. A autorização se deu em um contexto de pressão por parte dos EUA com sucessivas visitas de autoridades a ilha⁷⁰. Ademais, contou com a assinatura de um memorando, em 2021, entre a Autoridade Comercial do Arizona e o MOEA para cooperação industrial, a partir da nova fábrica da TSMC.⁷¹ A autorização do MOEA para expansão da TSMC no Arizona foi objeto de controvérsia entre os dois principais partidos do país, o Kuomitang e o DDP. Membros do KMT frequentemente criticam o governo do DPP por entregar a TSMC aos EUA.⁷²

⁶⁸ Essas informações foram retiradas da seguinte matéria jornalística: <https://focustaiwan.tw/sci-tech/202312050018>, porém podem ser encontradas, oficialmente, no seguinte documento redigido em mandarim: https://www.nstc.gov.tw/folksonomy/detail/ab71317e-c22e-467a-b3a0-7515aa2bfe6e?l=CH&utm_source=rss.

⁶⁹ <https://www.reuters.com/article/idUSL1N2J20UK/>

⁷⁰ <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Exclusive-Washington-pressures-TSMC-to-make-chips-in-US>

⁷¹ A sobre esse memorando ver: <<https://investtaiwan.nat.gov.tw/newsPage?lang=eng&search=51820>>

⁷² <https://thediplomat.com/2023/01/tsmcs-us-investments-spark-political-controversy-in-taiwan/>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa identificou e discutiu os condicionantes da trajetória de desenvolvimento da indústria taiwanesa de semicondutores, destacando como o domínio sobre a etapa de manufatura colocou a ilha em uma posição estratégica na economia global. Em especial, a presente dissertação contribui para a literatura a respeito do êxito taiwanês incorporando os acontecimentos recentes e correlacionando o êxito da ilha no setor à dinâmica da política internacional, sem uma abordagem excessivamente personalista, como ocorre em Miller (2023).

Nesse sentido, o desenvolvimento dos semicondutores em Taiwan foi resultado da coordenação ativa do Estado que deu origem a formação institucional do ITRI-ERSO. Ademais, nas fases iniciais do seu catching-up, Taiwan contou com suporte financeiro, técnico e transfêrencia de tecnologia dos EUA. Essa dinâmica criou uma aproximação entre as classes empresariais dos dois países, o que terminou por desempenhar um papel importante na consolidação do modelo foundry, o grande êxito da indústria de eletrônicos em Taiwan.

O ITRI foi elemento central no sucesso taiwanês, adquirindo tecnologia estrangeira, transferindo tecnologia para empresas locais e desenhando incentivos. Nesse contexto, o ITRI coordenou esforços em torno de objetivos específicos, como no caso da encomenda do governo, em 1987, por uma empresa de semicondutores. O resultado dessa encomenda foi a TSMC, assim o ITRI desempenhou um papel de seleção, ao nível do setor e da firma, movimento típico das políticas industriais no século XX.

É importante destacar que o arranjo institucional do qual fazia parte o ITRI foi típico do século XX, sobretudo no mundo subdesenvolvido. A Coreia do Sul, por exemplo, contou com o Instituto de Ciência e Tecnologia da Coreia (Korea Institute of Science and Technology, KIST) que atuou de forma análoga ao ITRI. No Brasil, o setor de telecomunicações contou com Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebras (CPqD) que se tornou uma instituição de direito privado com a privatização da Telebrás em 1998.

Quando cenário internacional mudou, no fim dos anos 80, Taiwan já havia atingido catching-up no setor e, nos anos 90, o ITRI realizou seu último projeto diretamente relevante para a manufatura de CI's. Desde então, a TSMC, um spin-off do ITRI-ERSO, se consolidou como uma das principais empresas do mundo e a grande foundry global. O sucesso da TSMC

colocou Taiwan em uma posição importante na economia mundial e na disputa tecnológica entre a China e EUA.

Essa ascensão se deu em um contexto no qual a indústria de semicondutores, que surgiu nos EUA entre os anos 40 e 50, deslocou-se em alguma medida para a Ásia. Os EUA perderam participação na manufatura de CI's. Mas ainda lideram aquelas etapas mais intensivas em IP e P&D (Design, IP, ferramentas EDA). Mesmo a dependência das principais empresas norte-americanas em relação à capacidade da TSMC parece “menor” se for levado em conta que a TSMC depende, diretamente, de empresas estadunidenses nas etapas de EDA, IP de silício e kits para design (PDK's).

O domínio sobre a manufatura de CI's avançados colocou a TSMC no meio da disputa tecnológica sino-americana, nesse sentido, devido ao conteúdo de tecnologia estadunidense nos seus produtos, a TSMC foi atingida pelos controles de exportação impostos pelos EUA à China. A empresa interrompeu os pedidos da Huawei e considera ter que encerrar o funcionamento das suas fábricas, em solo chinês, nos próximos anos. Aliado aos controles, o governo dos EUA tenta reconstruir, parcialmente, cadeias de suprimento domesticamente por meio do Chips ACT. Esse programa inclui subsídios para atrair empresas estrangeiras.

Portanto, no contexto de coordenar aliados para isolar a China, os EUA tentam atrair empresas para operar em solo nacional. A TSMC, por exemplo, está montando novas instalações no Arizona com capacidade para produzir nódulos de 3nm, muito próximo à fronteira tecnológica.

Do ponto de vista da receita, a TSMC tem como principais clientes empresas sediadas nos EUA, inclusive, ao interromper o fornecimento a Huawei, o crescimento da receita da TSMC foi sustentado pelo aumento dos pedidos dessas empresas, além da incorporação de novos clientes. Seguindo essa lógica, a TSMC foi favorecida por um crescimento da demanda por CI's que é resultado da crescente demanda por aparelhos eletrônicos, digitalização da economia, entre outros.

A indústria de CI's está na base das modernas trajetórias tecnológicas tanto de uso civis quanto de uso militares. Isso, pois os semicondutores de maior conteúdo tecnológico, como chips no estado da arte, são parte essencial dos sistemas e armas militares avançadas, como munições guiadas de precisão, armas hipersônicas e sistemas de satélite. Os semicondutores não só formam a infraestrutura básica para a incorporação da indústria 4.0, como, também, o seu

desenvolvimento abriu caminho para a consolidação das tecnologias envolvidas nesse paradigma tecnológico. Esse avanço reflete, em última análise, a “lei de Moore”.

Por isso os EUA tentam mitigar o acesso chinês aos CI’s e até o momento parecem ter obtido algum êxito restringindo as vendas da TSMC para a China, bem como atraído a TSMC para expandir instalações em solo norte-americano. Isto posto, embora se especule a respeito de um movimento de *friendly shoring*, é difícil mensurar o rumo que indústria irá tomar bem como o real impacto das restrições no domínio tecnológico chinês.

Com as restrições de exportação, a China se viu obrigada a acelerar os esforços nacionais para desenvolver, domesticamente, os setores de fragilidade. Desde então, alguns avanços importantes foram feitos, indicando que os chineses têm capacidade para mitigar os efeitos dos controles de exportação e, talvez, superá-los no futuro. Mapear os avanços das empresas chinesas frente às restrições é um sugestivo tema de pesquisa para os próximos anos.

A Huawei, por exemplo, anunciou seu novo smartphone, o Huawei Mate 60 Pro, usando um chip feito com processo de 7 nm da Semiconductor Manufacturing International Corp. (SMIC). A fim de investigar a composição desse aparelho, a Bloomberg encomendou à TechInsights um estudo desmembrando o novo smartphone. Como resultado, a TechInsights encontrou um processador Kirin 9000s, fabricado com o processo de litografia de 7 nm da SMIC⁷³. Mesmo que esteja atrás de processadores de 5nm, 3nm já utilizados em aparelhos da Samsung e Apple, é notável o resultado obtido pela Huawei. Vale destacar que isso não significa, necessariamente, que a SMIC tenha desenvolvido capacidade de manufatura por conta própria, na verdade, é possível que a empresa tenha conseguido driblar as restrições e obtido por meios não convencionais equipamentos de litografia avançada, EDA’s, PDK’s com tecnologia norte-americana.

Além disso, a indústria de semicondutores está passando por transformações que perpassam a disputa entre China e EUA. Essas transformações podem representar janelas de oportunidade para a China, bem como remodelar a configuração geográfica de segmentos da indústria. Essas questões ultrapassam o escopo desse trabalho, porém, podem servir de indicativos para a continuação da agenda de pesquisa relacionada aos semicondutores. A seguir são colocados alguns indicativos.

⁷³ Acessível em: <<https://www.bloomberg.com/news/features/2023-09-04/look-inside-huawei-mate-60-pro-phone-powered-by-made-in-china-chip#xj4y7vzkg>>

Os EUA e China não são os únicos países do mundo a oferecerem pesados subsídios para a indústria de semicondutores. Na verdade, ao menos desde 2020, projetos análogos ao CHIPS ACT podem ser encontrados na Europa, Taiwan, Coreia do Sul, Japão⁷⁴. Nesse sentido, vale investigar, futuramente, em que medida esses planos apoiados em subsídios foram capazes de reconstruir domesticamente cadeias produtivas ligadas aos semicondutores.

Outro fator que pode mudar alguns aspectos da indústria nos próximos anos diz respeito a mudanças tecnológicas. A Canon, por exemplo, anunciou em outubro de 2023, um novo sistema de litografia por nanoimpressão⁷⁵ que poderia produzir padrões de circuito equivalentes aos criados pela fotolitografia de EUV de 5nm. Além disso, ela afirma que com as melhorias esperadas na tecnologia seria possível atingir circuitos equivalentes a 2nm. Se isso puder ser feito de maneira econômica, representaria um desafio direto à ASML, monopolista do equipamento de fotolitografia de EUV. A Canon, portanto, poderia fornecer equipamentos para empresas chinesas como a SMIC sem cair nos controles de exportação expostos pelos EUA⁷⁶. Esta possibilidade vale enquanto o Japão não direcionar os seus controles de exportação para a China.

Em relação a efetividade das restrições de exportações, é difícil mensurar se de fato estão limitando o acesso chinês a indústria de CI's. Como discutido no capítulo 3, as restrições parecem ter limitado o acesso da Huawei a manufatura de CI's avançados, por outro lado, a China, em 2023, importou valores crescentes de equipamentos e máquinas para fabricar CI's⁷⁷. Dado que um elevado número de empresas possui instalações na China, é difícil coordená-las para aderirem às restrições. Na verdade, empresas como a Samsung e a TSMC já obtiveram autorizações para repor maquinário com tecnologia estadunidense em suas fábricas chinesas⁷⁸.

Por fim, vale enfatizar que embora até a elaboração deste trabalho os EUA tenham obtido êxito em restringir o acesso chinês à fabricação de CIs, impactando as operações da Huawei, nada assegura que essa situação permanecerá inalterada. Pelo contrário, os 'dados estão rolando', e há trilhas que a China pode explorar para contornar essas restrições, visando o

⁷⁴ Sobre esses planos ver: Bachs (2023); Shivakumar (2023).

⁷⁶ A litografia por nanoimpressão é uma técnica avançada de fabricação de dispositivos em escala nanométrica que utiliza um processo de moldagem em miniatura para transferir padrões para um substrato, como uma pastilha de silício. Acessível em: < <https://global.canon/en/news/2023/20231013.html>>

⁷⁷ <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/China-s-chipmaking-equipment-imports-surge-93-despite-curbs>

⁷⁸ Ver: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/South-Korea-welcomes-new-rules-easing-chip-tool-shipments-to-China>

desenvolvimento interno dessa capacidade. Não se está afirmando que essa seja uma tarefa trivial ou provável, apenas há o reconhecimento que mudanças estão em curso, abrindo janelas de oportunidade, de modo que esse cenário representa uma importante agenda de pesquisa a ser explorada nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

- AGLIETTA, Michel; BAI, Guo. **China's 13th Five-Year Plan**. In Pursuit of a " Moderately Properous Society", CEPII Research Center. 2016.
- AMSDEN, Alice Hoffenberg. **The state and Taiwan's economic development**. 2005.
- AMSDEN, Alice. **A ascensão do " resto": os desafios ao ocidente de economias com industrialização tardia**. Unesp, 2009.
- ATWOOD, Kylie. **US approves first-ever military aid to Taiwan through program typically used for sovereign nations**. BBC, 2023.
- BALDWIN, Richard e EIICHI, Tomiura. **Thinking ahead about the trade impact of covid-19**, 2020
- BALDWIN, Richard. The impact of the 1986 US—Japan semiconductor agrément. In: **usa and the World Economy** Volume 6, Issue 2, p. 129-152, 1994
- BALDWIN, Richard. Trade And Industrialisation After Globalisation's 2nd Unbundling: How Building And Joining. **Washington DC: National Bearue Of Economic Research**, 2012.
- BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (BIS). **Central Bank digital currencies**. Banco de Compensações Internacionais (BIS), 2020.
- BARAN, Paul A. On the political economy of backwardness. **The Manchester School**, v. 20, n. 1, p. 66-84, 1952.
- Bernard, Mitchell. The post-plaza political economy of Taiwanese-Japanese relations. **The Pacific Review**, 4(4), 358–367, 1991
- BERTOLA, Luís; OCAMPO, José A. **O desenvolvimento econômico da América Latina desde a independência**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2015
- BIESLCHOWSKY, Ricardo. DO “MANIFESTO LATINO-AMERICANO” DE RAUL PREBISCH AOS DIAS DE HOJE: 70 ANOS DE ESTRUTURALISMO NA CEPAL. **Rev. econ. contemp.**, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, e202411, 2020.
- BLOCH, David S. **Intellectual Property Implications of Export Control Laws**. Winston & Strawn LLP, 2011.
- BLOCK, Fred. Swimming against the current: The rise of a hidden developmental state in the United States. **Politics & society** 36.2, 169-206, 2008
- BOWN, CHAD P., How the United States Marched the Semiconductor Industry into its Trade War with China. **East Asian Economic Review** Vol.24, No.4 2020,
- BRIXNER, C. et al. **Industria 4.0:¿ intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional**. Buenos Aires: CIECTI, 2019.
- CARDOSO DE MELLO, João Manuel. Prólogo. **Poder e dinheiro: uma economia política da globalização**. Petrópolis: Editora Vozes, p. 15-24, 1998.
- CASSIOLATO, José E.; FALCÓN, Maria Lucia; SZAPIRO, Marina. Novas tecnologias digitais, financeirização e pandemia Covid-19: transformações na dinâmica global produtiva, no papel do Estado e impactos sobre o CEIS. **Cad. Desenvol**, v. 16, n. 28, p. 51-86, 2021.

- CEMERNEK, David; GURSCH, Heimo; KERN, Roman. Big data as a promoter of industry 4.0: Lessons of the semiconductor industry. In: **2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)**. IEEE, p. 239-244, 2017
- CESARATTO, Sergio; SERRANO, Franklin; STIRATI, Antonella. Technical change, effective demand and employment. **Review of political economy**, v. 15, n. 1, p. 33-52, 2003.
- CHANG, ALLEN, JIN GUO, LYNN LUO, AND VERENA JUNG. **China Semiconductors: Localizing the Next Generation of Long-term Winners**. Goldman Sachs, July 13, 2020.
- CHANG, David W. US Aid and Economic Progress in Taiwan. **Asian Survey**, p. 152-160, 1965. CHANG, Ha-Joon. **Chutando a escada: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica**. Unesp, 2004.
- CHANG, Ha-Joon; ANDREONI, Antonio. Industrial policy in a changing world: basic principles, neglected issues and new challenges. **Cambridge Journal of Economics**, v. 40, 2016.
- CHANG, Pao-Long; TSAI, Chien-Tzu. Evolution of technology development strategies for Taiwan's semiconductor industry: formation of research consortia. **Industry and Innovation**, v. 7, n. 2, p. 185-197, 2000.
- CHENG, Tun-jen. Political regimes and development strategies: South Korea and Taiwan. **Manufacturing miracles: paths of industrialization in Latin America and East Asia**, p. 139-178, 1990.
- CHEVALÉRIAS, Philippe. The Taiwanese Economy After the Miracle. An Industry in Restructuration, Structural Weaknesses and the Challenge of China. **China perspectives**, v. 2010, n. 2010/3, 2010.
- CHI, Schive. The Next Stage of Industrialization in Taiwan and South Korea. **Manufacturing Miracles: Paths of Industrialization in Latin America and East Asia** p.267-291, 1990
- CHI-WU, Wang. Military Preparedness and Security Needs: Perceptions from the Republic of China on Taiwan. **Asian Survey**, vol. 21, no. 6, p. 651-663, 1981
- CHI-WU, Wang. Military Preparedness and Security Needs: Perceptions from the Republic of China on Taiwan. **Asian Survey**, v. 21, n. 6, p. 651-663, 1981.
- CHU, Yun-han. Re-engineering the Developmental State in an Age of Globalization: Taiwan in Defiance of Neoliberalism. In: **Taiwan in Comparative Perspective**, p. 91-121, 2009
- CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. China's **New Semiconductor Policies: Issues for Congress**, CRS REPORT, 2021 Acessível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46767>
- CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. **Semiconductors: U.S. Industry, Global Competition, and Federal Policy**. 2020 Acessível em: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R46581.pdf>
- CORNWALL, John; CORNWALL, Wendy. A demand and supply analysis of productivity growth. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 13, n. 2, p. 203-229, 2002.
- DA CUNHA, Adriana Marques. **Política Industrial e Estratégias Competitivas na Indústria de Semicondutores Norte-Americana**. 1994. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, IE/UNICAMP, Campinas. DAVIS, Warren E.; HATANO, Daryl G. The American

semiconductor industry and the ascendancy of East Asia. **California Management Review**, v. 27, n. 4, p. 128-143, 1985.

DACHS, Bernhard. **The European Chips Act. FIW-Kurzbericht**, 2023.

DELEIDI, Matteo et al. **Structural change, labour productivity and the Kaldor-Verdoorn law: evidence from European countries**. Department of Economics-University Roma Tre, 2018.

DELEIDI, Matteo; MAZZUCATO, Mariana. Putting austerity to bed: Technical progress, aggregate demand and the supermultiplier. **Review of Political Economy**, v. 31, n. 3, p. 315-335, 2019.

DIEGUES, ANTÔNIO CARLOS, AND JOSÉ EDUARDO ROSELINO. **Política industrial, tecno-nacionalismo e indústria 4.0: a guerra tecnológica entre China e EUA**. Instituto de Economia, UNICAMP, 2021.

DIEGUES, Antônio Carlos; ROSELINO, José Eduardo. **Política industrial, tecno-nacionalismo e indústria 4.0: a guerra tecnológica entre China e EUA**. Instituto de Economia, UNICAMP, 2021.

DUNNE, J. Paul; SKÖNS, Elisabeth. New Technology and the Changing Military Industrial Complex. **PRISM Working Papers, University of Cape Town**. <http://www.prism.uct.ac.za/prism/Working-Paper-Series>, 2021.

DUNNING, John H.; DUNNING, John H. **Alliance capitalism and global business**. Routledge, 2006.

Ebrahimi, Arrian; Kang, Joon. **South Korea's Semiconductor Funds Highlight a Partisan Battle. 2023**. Disponível em: <https://thediplomat.com/2023/09/south-koreas-semiconductor-funds-highlight-a-partisan-battle/#:~:text=The%20K%20Chips%20Act%20makes,jumps%20to%2030%2D50%20percent>.

EI, ANDY. **10 nm Process Rollout Marching Right Along**. 2017. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20180804110423/http://techinsights.com/about-techinsights/overview/blog/10nm-rollout-marching-right-along/>

ERIKSSON, S. **Innovation Policies in South Korea and Taiwan**. 2005.

ERNST, D. China's bold strategy for semiconductors: zero-sum game or catalyst for cooperation? **Honolulu: East-West Center and Waterloo: Centre for International Governance Innovation**, 2016.

ESTADOS UNIDOS. Bureau of Industry and Security. **Entity List Additions**. 2023. Acessível em: <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/federal-register-notices-1/3354-10172023-public-inspection/file>

ESTADOS UNIDOS. Congressional Research Service (CRS) **Semiconductors: U.S. Industry, Global Competition, and Federal Policy**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581>

ESTADOS UNIDOS. Department of Defense (DoD) **Securing Defense-Critical Supply Chains**. 2022 Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Feb/24/2002944158/-1/-1/1/DOD-EO-14017-REPORT-SECURING-DEFENSE-CRITICAL-SUPPLY-CHAINS.PDF>

ESTADOS UNIDOS. Office of the United States Trade Representative (USTR). **Findings of the Investigation into China's Acts, Policies, and Practices Related to Technology Transfer, Intellectual Property, and Innovation under Section 301 of the Trade Act of 1974** 2018.

ESTADOS UNIDOS. White House. **FACT SHEET: CHIPS and Science Act Will Lower Costs, Create Jobs, Strengthen Supply Chains, and Counter China**. Acessível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/08/09/fact-sheet-chips-and-science-act-will-lower-costs-create-jobs-strengthen-supply-chains-and-counter-china/>

EZELL, Stephen. **Moore's Law Under Attack: The Impact of China's Policies on Global Semiconductor Innovation**. Information Technology and Innovation Foundation, February 18, 2021.

FILIPPIN, Flavia. Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil. 2020.

Final Report National Security Commission on Artificial Intelligence. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.nscai.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>>.

FIOR, José Luís. A escalada de Taiwan. **OBSERVATÓRIO INTERNACIONAL DO SÉCULO XXI**, 2023

FISCHER, Sophie-Charlotte. Silicon Curtain: America's Quest for Allied Export Controls against China. In: **Strategic Trends 2023: Key Developments in Global Affairs**. Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich, 2023. p. 39-61.

FREEMAN, Chris. The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995..

FULLER, Douglas B. China's counter-strategy to American export controls in integrated circuits. **China Leadership Monitor**, 67, 2021

FULLER, Douglas B. Cutting Off Our Nose to Spite Our Face: US Policy toward Huawei and China in Key Semiconductor Industry Inputs, Capital Equipment, and Electronic Design Automation Tools. **National Security Report NSAD-R-2-059**. Laurel, MD: Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, 2020.

FULLER, Douglas B. **Growth, Upgrading and Limited Catch-up in China's Semiconductor Industry**. In Policy, Regulation, and Innovation in China's Electricity and Telecom Industries, edited by Loren Brandt and Thomas G. Rawski, 262–303. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

FULLER, Douglas B., MURRAY A. Rubinstein, EDS. **TECHNOLOGY TRANSFER BETWEEN THE US, China and Taiwan: moving knowledge**. Routledge, 2013.

FULLER, Douglas Brian et al. **Globalization for nation building: industrial policy for high-technology products in Taiwan**. 2002.

GARGEYAS, Arjun. The role of semiconductors in military and defence technology. **Defence and Diplomacy**, v. 11, n. 2, p. 43-56, 2022.

GEREFFI, Gary. **Paths of industrialization**. In: GEREFFI, Gary; WYMAN, Donald. Manufacturing miracles. New Jersey: Princeton University Press, 1990.

GRAY, Kevin. Taiwan and the geopolitics of late development. **The Pacific Review**, v. 24, n. 5, p. 577-599, 2011.

- GRIMES, Seamus; DU, Debin. China's emerging role in the global semiconductor value chain. **Telecommunications Policy**, v. 46, n. 2, p. 101959, 2022.,
- HE, Tian; HE, Tian. The Two-Phase Transformation of the Developmental State in Taiwan. **The Political Economy of Developmental States in East Asia: South Korea, Singapore and Taiwan**, p. 155-206, 2021.
- HIRATUKA, Celio. **Changes in the chinese development strategy after the global crisis and its impact in Latin America**. *Revista Econômica Contemporânea*, 22(1), p1-25, 2018
- HIRATUKA, Celio; DIEGUES, Antonio Carlos. **Inteligência artificial na estratégia de desenvolvimento da China contemporânea**. Instituto de Economia, UNICAMP, 2021.
- HIRSCHMAN, Albert. **The political economy of import substitution industrialization in Latin America**. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 82, n. 1, 1982.
- HOLMSTRÖM, Harald; KENNEY, Martin; SEPPALA, Timo. Global Supply Chains, Value Added and Production Intensity: Case Semiconductors. **Value Added and Production Intensity: Case Semiconductors (May 11, 2021)**, 2021.
- HRYNKIV, Olga; LAVRIJSSEN, Saskia. Not Trading With the Enemy: The Case of Computer Chips. **Journal of World Trade**, v. 58, n. 1, 2024.
- HUFBAUER, Gary Clyde; HOGAN, Megan. CHIPS Act will spur US production but not foreclose China. **Peterson Institute for International Economics Policy Brief**, n. 22-13, 2022.
- HUTCHESON, G. Dan. **Semiconductor Business Model Evolution**. 2016. Disponível em: <https://www.chiphistory.org/860-semiconductor-business-model-evolution>.
- IPO, Intellectual Property Owners Association. **Top 300 Organizations Granted U.S. Patents in 1998**. 1998.
- IPO, Intellectual Property Owners Association. **Top 300 Organizations Granted U.S. Patents in 2000**. 2000.
- IPO, Intellectual Property Owners Association. **Top 300 Organizations Granted U.S. Patents in 2022**. 2022.
- Irwin, Douglas A. The US-Japan semiconductor trade conflict. *The Political Economy of Trade Protection*. **University of Chicago Press**, 5-14, 1996
- IWAMOTO, Kazunori. Lithography today: challenges and solutions across a diverse market. Novel Patterning Technologies for Semiconductors. **MEMS/NEMS and MOEMS**, 2020.
- Jain, Usha, e Muzzammil Hussain. Securing Wireless Sensors in Military Applications through Resilient Authentication Mechanism. **Procedia Computer Science**, vol. 171, p. 719–28, 2020
- JOHNSON, Bryan. **The U.S.-Japan semiconductor agreement: keeping up the managed trade agenda**. Washington, D.C.: The Heritage Foundation, 1991.
- JONES, Randall S.; KING, Robert E.; KLEIN, Michael. Economic integration between Hong Kong, Taiwan and the coastal provinces of China. **OECD Economic Studies**, p. 115-115, 1993.
- KAMAL, Kamal Y. The Silicon Age: Trends in Semiconductor Devices Industry. **Journal of Engineering Science & Technology Review**, v. 15, n. 1, 2022.

Kandris, Dionisis, et al. Applications of Wireless Sensor Networks: An Up-to-Date Survey. **Applied System Innovation**, vol. 3, no 1, p. 14, 2020

Khaveen Investments. **Synopsys: EDA Market Dominance**, 2023. Disponível em: < <https://seekingalpha.com/article/4595613-synopsys-eda-market-dominance>>

KLEINHANS, Jan-Peter; BAISAKOVA, Nurzat. The global semiconductor value chain: A technology primer for policy makers. **Stiftung Neue Verantwortung**, p. 1-30, 2020.

KLINGLER-VIDRA, ROBYN; KUO, YU CHING. Geopolitics and the push for ‘made in the USA’ semiconductors, **East Asia Forum**, 19.05.2021.

LARDY, Nicholas R.; HUANG, Tianlei. Technological rivalry: Is US-China decoupling heading in a dangerous direction? **East Asia Forum Quarterly**, v. 15, n. 2, 2023.

LAZAROU, Eleni. United States: Export Control Reform Act (ECRA). 2019.

LIDONG, W.; GUANGHUI, W. Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0. **International Journal of Engineering and Manufacturing**, v. 6, n. 4, p. 1–8, 2016.

LIU, Chih-shian. **Varieties of State Capitalism across the Taiwan Strait: A Comparison and Its Implications**. Taiwan and China, p. 117-133, 2017.

LIU, Chung-Yuan. **Government's role in developing a high-tech industry: the case of Taiwan's semiconductor industry**. Technovation, v. 13, n. 5, p. 299-309, 1993.

LIU, Mark. Taiwan and the foundry model. **Nature Electronics**, v. 4, n. 5, p. 318-320, 2021.

MACMILLEN, Don et al. An industrial view of electronic design automation. **IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems**, v. 19, n. 12, p. 1428-1448, 2000.

MAJEROWICZ, Esther **THE GLOBALIZATION OF CHINA'S INDUSTRIAL RESERVE ARMY: its formation and impacts on wages in advanced countries**. Tese de doutorado. 2016

MAJEROWICZ, Esther. A China ea economia política internacional das tecnologias da informação e comunicação. **Geosul, Florianópolis**, v. 35, n. 77, p. 73-102, 2020.

MAJEROWICZ, Esther. **A disputa sinoamericana nas tecnologias de informação e comunicação**. In E. Majerowicz & E. Paraná (Orgs.), *A China no capitalismo contemporâneo* (p. 319-365). São Paulo: Expressão Popular, 2022

MAJEROWICZ, Esther; MEDEIROS, Carlos. A. DE. **CHINESE INDUSTRIAL POLICY IN THE GEOPOLITICS OF THE INFORMATION AGE: THE CASE OF SEMICONDUCTORS**. Revista de Economia Contemporânea, v. 22, n. 1, 2018.

MATHEWS, John A. A Silicon Valley of the East: Creating Taiwan's semiconductor industry. **California Management Review**, v. 39, n. 4, p. 26-54, 1997.

MAZZUCATO, Mariana **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Editora Schwarcz, 2013

MCKINSEY & COMPANY. **Semiconductor design and manufacturing**: Achieving leading-edge capabilities. 2020. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/industries/advanced->

electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, **China and the world: Inside the dynamics of a changing relationship.**, 2019.

MEDEIROS, Carlos A. Estratégias nacionais de desenvolvimento. **Padrões de desenvolvimento econômico (1950-2008): América Latina, Ásia e Rússia.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), p. 79-112, 2013.

MEDEIROS, Carlos A. SERRANO, Franklin. **Padrões monetários internacionais e crescimento.** In: FIORI, J. L. (Org.). Estados e moedas no desenvolvimento das nações. Petrópolis: Vozes, 1999

MEDEIROS, Carlos A., TREBAT, Nicholas, **Inequality and Income Distribution in Global Value Chains**, Journal of Economic Issues, 2017

MEDEIROS, Carlos A.. A economia política da crise e da mudança estrutural na Ásia. **Economia e sociedade**, v. 10, n. 2, p. 33-54, 2001.

MEDEIROS, Carlos, TREBAT, Nicholas "Finance, trade, and income distribution in global value chains: implications for developing economies and Latin America." Instituto de Economia, UFRJ, **Discussion Paper**, 2017.

MEDEIROS, Carlos. A. "**Globalização e a inserção internacional diferenciada da Ásia e da América Latina.**" In: Poder e dinheiro: uma economia política da globalização. Petrópolis: Vozes, 1997

MELO, PRS; RIOS, ECSD; GUTIERREZ, RMV. Componentes eletrônicos: perspectivas para o Brasil. BNDES Setorial. 2001.

MIYAKAWA, Yasuo. Global Shift in the Aircraft Industry: A Study of Airframe Manufacturing, with **Special Reference to the Asian NIEs.** 1995.

MOORE, Gordon E. "Progress in digital integrated electronics." **Electron devices meeting.** Vol. 21. 1975.

MOREIRA, Uallace. Catch-up tecnológico e superação da armadilha da renda média: o caso da China no setor de semicondutores. 2022.

National Security Commission on Artificial Intelligence. New World, **New Rules: America's Role in Artificial Intelligence.** NSCAI. 2021

Ney, Jeremy. "United States Entity List: Limits on American Exports." **White Paper, Harvard Kennedy School Belfer Center for Science and International Affairs**, 2021

NICHOLAS M. TREBAT & CARLOS AGUIAR De Medeiros **Military Modernization in Chinese Technical Progress and Industrial Innovation**, Review of Political Economy, 2014

NOGUEIRA, Isabel; QI, Hao. State and Capitalist Class in China's Economic Transition: From Great Compromise to Strained Alliance. 2018. NOLAN, J. E. "**Military Industry in Taiwan and South Korea.**" Springer, 1986.

ONISHI, Katsuaki. The restructuring of Japanese semiconductor industry. **Senshu Shougaku Ronshu**, n. 84, p. 131, 2007.

OTA – U.S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Competing Economies: America, Europe, and the Pacific Rim**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991.

OTAN Science & Technology Organization. **Science & Technology Trends 2020-2040**. Brussels, Belgium, 2020

PAO-LONG Chang and Chiung-Wen Hsu, "The development strategies for Taiwan's semiconductor industry," in IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 45, no. 4, pp. 349-356, 1998

PAPRZYCKI, Ralph; ITO, Keiko. **Investment, production and trade networks as drivers of East Asian integration**. 2010.

PÉREZ CALDENTEY, Esteban; VERNENGO, Matías. "Varieties of peripheral capitalism: on the institutional foundations of economic backwardness." In: PALLEY, Thomas; PÉREZ CALDENTEY, Esteban; VERNENGO, Matías (Eds.). Varieties of Capitalism, chapter 6, pages 114-135, Edward Elgar Publishing, 2023.

POITIERS, Niclas, and Pauline Weil. **A new direction for the European Union's half-hearted semiconductor strategy**. Bruegel-Policy Contributions, 2021

PREBISCH, Raul. **El desarrollo económico de América Latina y algunos de sus principales problemas**, Santiago, Naciones Unidas, 1949

ROBERT H. WADE, **The American paradox: ideology of free markets and the hidden practice of directional thrust**, Cambridge Journal of Economics, Volume 41, Issue 3, 2017

RODRIGUES, Clóves Gonçalves. "Panorama do mercado global da indústria de semicondutores." Brazilian Journal of Development 7.7, 2021

ROSEISTEIN-RODA, Paul. **Problems of Industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe** P. N. Rosenstein-Rodan The Economic Journal Vol. 53, No. 210/211 pp. 202-211 Published By: Oxford University Press., 1943

RUBINSTEIN, Murray A. 2 The evolution of Taiwan's economic miracle 1945–2000. **Technology transfer between the US, China and Taiwan: Moving knowledge**, p. 25, 2013.

SERRANO, Franklin; MEDEIROS, Carlos. O desenvolvimento econômico e a retomada da abordagem clássica do excedente. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 24, p. 244-263, 2020.

SEYOUM, Belay. National security export control regimes: determinants and effects on international business. **Thunderbird International Business Review**, v. 59, n. 6, p. 693-708, 2017.

SHARMA, Ekta et al. Evolution in Lithography Techniques: Microlithography to Nanolithography. **Nanomaterials**, v. 12, n. 16, p. 2754, 2022.

SHIVAKUMAR, Sujai; et al. Japan Seeks to Revitalize Its Semiconductor Industry, Center for Strategic and International Studies 2023

SHIVAKUMAR, Sujai; WESSNER, Charles. Semiconductors and National Defense: What Are the Stakes?. **Center for Strategic and International Studies CSIS**, v. 8, 2022.

SIA - SEMICONDUCTORS INDUSTRY ASSOCIATION. **beyond borders the global semiconductor value chain**, SIA, 2016

SIA - SEMICONDUCTORS INDUSTRY ASSOCIATION. **state of the u.s. semiconductor industry**, SIA, 2021a

SIA - SEMICONDUCTORS INDUSTRY ASSOCIATION. **Strengthening the Global Semiconductor Value Chain**, SIA, 2021b

STATE COUNCIL. **China's Military Strategy**. Beijing: State Council, 2015

SUZUKI, HIROYUKI. Building Resilient Global Supply Chains: The Geopolitics of the Indo-Pacific Region. **Center for Strategic and International Studies CSIS**, 2021

TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY (TSMC). **TSMC Annual Report 2022**. 2022.

TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY (TSMC). **TSMC Annual Report 2020**. 2020.

TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY (TSMC). **TSMC Annual Report 2021**. 2021.

TAVARES, Maria da Conceição. A retomada da hegemonia norte-americana. **Texto para discussão**, 1985.

TONER, Phillip. **Main currents in cumulative causation: the dynamics of growth and development**, 1ª edição, New York, ST. MARTIN'S PRESS, 1999

TSAI, Pan-Long. Explaining Taiwan's economic miracle: are the revisionists right?. **Agenda: A Journal of Policy Analysis and Reform**, p. 69-82, 1999.

TSAI, Wen-hui. Social changes under the impacts of economic transformation in Taiwan: From industrialization to modernization during the post-World War II era. **Studies in Comparative International Development**, v. 24, p. 24-41, 1989.

TSUNG-TE, L. et al. Trade Dependence within Greater China: Economy and Trade Between Mainland China, Taiwan and Hong Kong. **Asian Journal of Economic Modelling**, v. 6, n. 2, p. 203-207, 2018.

U.S. Department of Commerce, **Top Markets Report Semiconductors and Related Equipment**, 2016 Documento oficial. 2016. Acessível em: [https://legacy.trade.gov/topmarkets/pdf/Semiconductors_Top_Markets_Report.pdf].

VERWEY, John. Chinese semiconductor industrial policy: Past and present. **J. Int'l Com. & Econ.**, p. 1, 2019.

VIEIRA, Pedro Antonio; OURIQUES, Helton Ricardo; AREND, Marcelo. A posição do Brasil frente à Indústria 4.0: mais uma evidência de rebaixamento para a periferia?. **Oikos**, v. 19, n. 3, 2021.

WADE, Robert. **Governing the market: Economic theory and the role of government in East Asian industrialization**. Princeton University Press, 2004.

WANG, Peter Chen-main. A bastion created, a regime reformed, an economy reengineered, 1949-1970. **Taiwan: A new history**, p. 320-338, 2015.

WHITE HOUSE, **Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth.**, 2021. Acessível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>

WU, Yu-Shan. Taiwan's developmental state: after the economic and political turmoil. **Asian Survey**, v. 47, n. 6, p. 977-1001, 2007.

YANG, Yao. China's bold new five year plan. In: **East Asia Forum Quarterly**. 2020. p. 6-8.

ZHAO, Li; BAIHAO, Li. Chiang Ching-kuo and the regional planning of Gannan under the influence of Soviet Experience (1941-1945): The planning practice of socialist ideological trend in modern China. **International Planning History Society Proceedings**, v. 18, n. 1, p. 709-720, 2018.