BOCA
BOLETIM DE CONJUNTURA

DO SILÍCIO AO CIRCUITO INTEGRADO: UMA ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE SEMICONDUTORES

FROM SILICON TO INTEGRATED CIRCUIT: AN ANALYSIS OF THE SEMICONDUCTOR SUPPLY CHAIN

DEL SILICIO AL CIRCUITO INTEGRADO: UN ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES

10.56238/bocav25n79-019

Laura Cabral Correia
Especialização em Engenharia de Produção
Instituição: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)
E-mail: lauracabralcorreia@hotmail.com

RESUMO
A análise das dinâmicas que permeiam as operações e cadeias de suprimento da Nvidia e da TSMC reveste-se de grande relevância em um cenário global em constante transformação. Este trabalho propõe-se a investigar o impacto das instituições formais e informais. A pesquisa examinará a influência da Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC) e da Semiconductor Industry Association (SIA) sobre a eficiência operacional e a resiliência dessas empresas. Ao aprofundar-se na interação entre normas regulatórias e práticas informais, busca-se elucidar as implicações dessas instituições na dinâmica das cadeias de suprimento, proporcionando uma compreensão mais sofisticada acerca da posição da Nvidia e da TSMC em um mercado em contínua evolução.

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos. Semicondutores. Estratégias.

ABSTRACT
Analyzing the dynamics that permeate the operations and supply chains of Nvidia and TSMC is highly relevant in a constantly transforming global scenario. This work aims to investigate the impact of formal and informal institutions. The research will examine the influence of the United States International Trade Commission (ITC) and the Semiconductor Industry Association (SIA) on the operational efficiency and resilience of these companies. By delving into the interaction between regulatory norms and informal practices, the research seeks to elucidate the implications of these institutions on the dynamics of supply chains, providing a more sophisticated understanding of the position of Nvidia and TSMC in a continuously evolving market.

Keywords: Supply Chain. Semiconductors. Strategies.

RESUMEN
Analizar la dinámica que impregna las operaciones y cadenas de suministro de Nvidia y TSMC es de suma importancia en un escenario global en constante transformación. Este trabajo tiene como objetivo investigar el impacto de las instituciones formales e informales. La investigación examinará la

influencia de la Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (ITC) y la Asociación de la Industria de Semiconductores (SIA) en la eficiencia operativa y la resiliencia de estas empresas. Al profundizar en la interacción entre las normas regulatorias y las prácticas informales, la investigación busca dilucidar las implicaciones de estas instituciones en la dinámica de las cadenas de suministro, proporcionando una comprensión más profunda de la posición de Nvidia y TSMC en un mercado en continua evolución.

Palabras clave: Cadena de Suministro. Semiconductores. Estrategias.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia moderna está intrinsecamente ligada ao papel crucial dos semicondutores, que constituem a espinha dorsal de uma vasta gama de dispositivos eletrônicos, desde computadores até sistemas de inteligência artificial. Contudo, a cadeia de suprimentos desses componentes revela vulnerabilidades críticas, especialmente em períodos de crise (LIMA, 2021). Esta cadeia global envolve a extração de matérias-primas, fabricação de wafers de silício e montagem de circuitos integrados, abrangendo diversas regiões e atores interdependentes. Nesse contexto, as instituições formais e informais desempenham um papel vital na eficiência e resiliência das operações.

As instituições formais, como a Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC), regulamentam práticas comerciais, impondo tarifas que afetam diretamente os custos operacionais de empresas como Nvidia e TSMC. Por outro lado, a Semiconductor Industry Association (SIA), enquanto instituição informal, promove políticas e colaborações setoriais que favorecem a inovação e expansão produtiva.

A globalização da produção de semicondutores, apesar de eficiente, gera vulnerabilidades significativas, como a escassez de matérias-primas e interrupções logísticas, impactando diretamente a capacidade da indústria de atender à crescente demanda (RODRIGUES, 2021; SILVA, 2023). A concentração da produção em regiões específicas agrava esses desafios, destacando a importância de estratégias para diversificação de fontes e fortalecimento das cadeias de suprimentos.

Em 2023, tanto a TSMC quanto a Nvidia experimentaram um crescimento expressivo, impulsionado pela alta demanda por chips voltados para inteligência artificial e computação em nuvem. Diante das incertezas do mercado, empresas e governos buscam estratégias para mitigar riscos, promovendo políticas de incentivo à produção doméstica e adotando inovações tecnológicas, como litografia EUV e empilhamento 3D, para garantir a continuidade e competitividade do setor.

Diante desse cenário, este trabalho se propõe a investigar como instituições formais, como a ITC, e informais, como a SIA, impactam diretamente as operações e cadeias de suprimento da Nvidia e TSMC. Analisaremos como essas instituições moldam as estratégias de adaptação e inovação, influenciando a eficiência em um ambiente dinâmico e competitivo (MARKIDIS, 2018).

A indústria de semicondutores, apesar de seu avanço tecnológico e crescimento exponencial, enfrenta desafios complexos. As instituições, formais ou informais, são parte essencial deste processo de evolução e, ao explorarmos como elas influenciam empresas líderes como Nvidia e TSMC, esperamos desvendar novos caminhos para a sustentabilidade e resiliência dessa cadeia vital. É com essa perspectiva que embarca-se na análise profunda dessas interações, movidas pela crença de que a compreensão das forças institucionais pode ser a chave para um futuro mais seguro e eficiente para a indústria tecnológica global (BUCK, 2007).

2 OBJETIVO

Examinar o impacto das instituições formais e informais nas operações e cadeias de suprimento da Nvidia e da TSMC, com foco na Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC) como uma instituição formal que regula práticas comerciais e na Semiconductor Industry Association (SIA) como uma instituição informal que molda decisões políticas e colaborações setoriais.

3 MÉTODOS

Este estudo focaliza duas empresas líderes na indústria de semicondutores: Nvidia e TSMC, que desempenham papéis estratégicos na cadeia global de semicondutores, com a Nvidia se destacando no design de GPUs e a TSMC na fabricação de chips. A análise considera como as interações dessas empresas são moldadas pelas instituições formais e informais, como a Semiconductor Industry Association (SIA).

Foi realizada uma pesquisa qualitativa e descritiva, com abordagem exploratória, para investigar os impactos das instituições nas operações dessas empresas. A pesquisa baseia-se em análise documental, entrevistas com colaboradores e ex-colaboradores de empresas do setor, incluindo a SIA, além de estudos de caso sobre as práticas comerciais e operacionais da Nvidia e TSMC, e a regulamentação e incentivos que recebem. A escolha dessas empresas se justifica pela sua relevância no setor e pela interdependência estratégica entre elas, além da influência direta das instituições regulatórias nas suas operações globais.

A coleta de dados foi realizada por meio de levantamento documental e revisão sistemática da literatura, além de três entrevistas com colaboradores e ex-colaboradores de empresas do setor. As respostas foram obtidas por meio de questionamentos, visando entender as perspectivas e respostas das empresas diante de desafios regulatórios e operacionais. Todos os entrevistados concordaram com a confidencialidade das informações, garantindo que dados privilegiados não seriam compartilhados.

No dia 5 de novembro de 2024, uma entrevista foi realizada via Microsoft Teams com um colaborador da TSMC, cuja identidade permanece confidencial, conforme a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Durante a conversa, foram discutidos os principais desafios regulatórios e estratégicos enfrentados pela TSMC, com foco nas políticas da SIA, bem como as respostas estratégicas da empresa a esses desafios.

Em uma chamada telefônica realizada em 30 de outubro de 2024, um ex-colaborador da SIA e de outras empresas do setor compartilhou suas perspectivas sobre os posicionamentos estratégicos da organização e os desafios regulatórios do setor de semicondutores. Ele expôs sua visão pessoal, com base em sua experiência e nas informações disponíveis nas notícias e comentários do setor, sem revelar dados confidenciais.

A pesquisa com a Nvidia foi realizada entre os dias 3 e 6 de novembro com um colaborador técnico da empresa. Durante a conversa, ele compartilhou sua visão sobre como a Nvidia lida com as regulamentações da SIA, além de práticas informais que impactam a resiliência da cadeia de suprimentos da empresa. Ficou acordado que não seriam compartilhadas informações privilegiadas.

A análise dos dados seguiu uma metodologia de análise de conteúdo, identificando temas recorrentes sobre a influência das instituições na cadeia de suprimentos. Foram utilizados recursos digitais para categorização dos dados, e as conclusões foram validadas por meio de triangulação, comparando informações de diferentes fontes para assegurar a consistência dos achados.

4 RESULTADOS

A cadeia de suprimentos no setor de semicondutores desempenha um papel fundamental na economia global, sustentando a inovação tecnológica em áreas como inteligência artificial, automação industrial e dispositivos eletrônicos. Empresas como a Nvidia e a TSMC são líderes na produção e desenvolvimento de semicondutores, mas operam em um ambiente extremamente volátil e interdependente, moldado por fatores políticos, econômicos e sociais. Para entender como essas empresas conseguem manter sua competitividade em um mercado dinâmico, é necessário examinar o impacto das instituições formais e informais que regulam e influenciam suas operações (DAI, 2015; DACHS, 2023; TOYOSHIMA, 1999)

As instituições formais, como a Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC), têm um papel significativo na regulamentação das práticas comerciais globais, estabelecendo barreiras tarifárias, políticas de importação e exportação, e diretrizes que afetam diretamente a produção e o comércio de semicondutores. A ITC atua de forma incisiva em casos de disputas comerciais envolvendo tecnologias sensíveis, como os semicondutores, impondo sanções ou restrições que podem alterar a dinâmica de mercado. Por exemplo, as empresas podem ser obrigadas a ajustar seus processos de fabricação ou rotas de suprimento para atender a novas regulamentações. Essas imposições, embora visem proteger mercados domésticos e garantir a competitividade, podem gerar custos adicionais para empresas como a TSMC e a Nvidia, especialmente em momentos de tensões geopolíticas ou disputas comerciais entre grandes potências, como EUA e China.

As regulamentações impostas por instituições formais, como a ITC, são especialmente relevantes para os grandes polos de produção de semicondutores, conhecidos como 'celeiros' dessa indústria. Historicamente, três regiões se destacam como os principais centros de produção de semicondutores: Taiwan, Coreia do Sul e os Estados Unidos.

Taiwan é lar da Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), a maior fabricante de semicondutores do mundo, que desempenha um papel central no fornecimento global desses componentes. A TSMC é conhecida por sua tecnologia de ponta e capacidade de produzir chips de

última geração, o que a coloca como uma peça-chave nas cadeias globais de suprimentos. As relações comerciais de Taiwan com empresas de tecnologia, como Apple, Qualcomm, e Nvidia, são estratégicas, uma vez que dependem fortemente dos chips produzidos pela TSMC para suas operações (MOMOKO, 2022).

A Coreia do Sul abriga gigantes como a Samsung Electronics e a SK Hynix, duas das maiores fabricantes de memória semicondutora, como DRAM e NAND. A Samsung, em particular, também compete diretamente com a TSMC no mercado de fabricação de chips avançados. As relações comerciais entre a Coreia do Sul e outras potências tecnológicas, como os EUA e a China, são fundamentais para o equilíbrio do mercado global de semicondutores, especialmente à medida que essas empresas buscam expandir suas operações e manter sua liderança no setor (PEREIRA, 2024).

Nos Estados Unidos, a Intel é uma das empresas mais históricas e influentes no desenvolvimento da indústria de semicondutores. Embora a Intel tenha perdido parte de sua posição dominante para a TSMC e a Samsung na produção de chips de última geração, ela continua sendo um player relevante, especialmente no desenvolvimento de processadores para computadores e data centers. Além disso, os EUA são o lar de muitas empresas de design de chips, como a Nvidia e a AMD, que dependem da produção de empresas como TSMC e Samsung para fabricar seus projetos. O forte relacionamento comercial entre os EUA e Taiwan reflete essa interdependência, que também envolve um delicado equilíbrio geopolítico, principalmente no contexto das crescentes tensões com a China (SCHIOCHETTI, 2023).

Esses celeiros de semicondutores não apenas impulsionam a inovação tecnológica global, mas também estão no centro de disputas comerciais e geopolíticas. As regulamentações impostas por governos e instituições como a ITC têm impacto direto sobre as operações dessas empresas, forçando-as a adaptar suas cadeias de suprimentos e estratégias comerciais para evitar sanções ou enfrentar restrições. Em momentos de tensões, como a guerra comercial entre EUA e China, esses ajustes podem se tornar ainda mais complexos, com empresas buscando diversificar suas operações e reduzir a dependência de mercados específicos (RAYBURN, 1992).

As relações comerciais entre os grandes polos de semicondutores — Taiwan, Coreia do Sul, e os Estados Unidos — são marcadas por uma complexa rede de interdependência e rivalidade. Embora essas regiões colaborem estreitamente no fornecimento global de chips, suas empresas também competem ferozmente pelo domínio de mercados estratégicos, como o de fabricação de chips avançados, memória semicondutora e processadores (SCHIOCHETTI, 2023).

A relação entre Taiwan e os Estados Unidos é uma das mais estratégicas no setor. A TSMC, como a maior fabricante de chips do mundo, atende a empresas norte-americanas como Apple, AMD, Nvidia e Qualcomm. Essa colaboração é essencial para a inovação tecnológica dos EUA, que depende fortemente da capacidade de fabricação de Taiwan. Recentemente, a TSMC anunciou planos para

construir fábricas nos EUA, um movimento que busca fortalecer a segurança da cadeia de suprimentos e diminuir a dependência de Taiwan, que enfrenta riscos geopolíticos significativos devido às tensões com a China. Essa iniciativa é parte de uma estratégia maior dos EUA para repatriar parte da fabricação de semicondutores e proteger suas empresas de eventuais bloqueios de fornecimento em caso de conflitos na Ásia (DELIGÖZ, 2024).

A rivalidade entre a TSMC e a Samsung é outra dinâmica crucial. Ambas competem diretamente no setor de fabricação de semicondutores avançados. A Samsung investe agressivamente em P&D e novas fábricas para tentar superar a TSMC, buscando conquistar contratos de grandes empresas de tecnologia e aumentar sua participação de mercado. Embora Taiwan e a Coreia do Sul mantenham boas relações comerciais, essa competição é acirrada, especialmente no que diz respeito à conquista de clientes de ponta como a Nvidia e a Qualcomm, que exigem os chips mais avançados e eficientes do mercado. As duas empresas também estão empenhadas em liderar o desenvolvimento de tecnologias sub-3 nanômetros, o que pode definir a próxima geração de dispositivos eletrônicos (FACCIN, 2015).

Os Estados Unidos e a Coreia do Sul mantêm uma relação de colaboração e competição. A Samsung e a SK Hynix dependem de tecnologia e know-how americano, especialmente em equipamentos de fabricação de semicondutores e ferramentas de design de chips. Empresas como Applied Materials e Lam Research, sediadas nos EUA, fornecem equipamentos essenciais para a fabricação de chips, fortalecendo a interdependência entre essas nações. Contudo, os EUA estão cada vez mais pressionando empresas como a Samsung a realocar parte de suas operações para solo americano, como forma de reduzir a dependência da Ásia e proteger a cadeia de suprimentos contra interrupções geopolíticas (HUFBAUER, 2022).

A China, por outro lado, tem uma presença cada vez mais importante nesse cenário, apesar de ainda estar atrás em termos de tecnologia de ponta. O governo chinês tem investido bilhões em sua própria indústria de semicondutores, com o objetivo de reduzir sua dependência de fornecedores estrangeiros como a TSMC, Samsung e Intel. Empresas chinesas como a SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation) estão avançando, mas ainda enfrentam desafios significativos para competir com as gigantes do setor. A guerra comercial entre os EUA e a China exacerbou essas tensões, com os EUA impondo restrições à exportação de tecnologia crítica de semicondutores para a China, especialmente em áreas sensíveis, como inteligência artificial e supercomputadores (HUFBAUER, 2022).

Essa rivalidade internacional também é influenciada por disputas geopolíticas, como as crescentes tensões entre China e Taiwan. A dependência global da TSMC torna qualquer instabilidade em Taiwan uma preocupação mundial, já que qualquer interrupção no fornecimento de chips poderia ter efeitos devastadores sobre indústrias que dependem desses componentes, desde eletrônicos de

consumo até automóveis. Por outro lado, empresas como a Samsung e a Intel buscam aproveitar esse cenário para ganhar terreno no mercado, ampliando seus investimentos em novas fábricas e tecnologias (SONG, 2014). Em termos de negociações internacionais, a posição das empresas de semicondutores é frequentemente usada como moeda de troca entre nações. Recentemente, a Samsung e a TSMC foram instadas por países como os EUA a compartilhar mais informações sobre suas cadeias de suprimentos, a fim de garantir uma maior transparência e segurança no fornecimento de chips, especialmente após a escassez global de semicondutores que afetou indústrias inteiras, como a automotiva e de eletrônicos. Ao mesmo tempo, os países ocidentais têm reforçado suas alianças comerciais para garantir acesso contínuo aos semicondutores e evitar a excessiva dependência de uma única região ou fornecedor (HUFBAUER, 2022).

No geral, as relações entre Taiwan, Coreia do Sul e Estados Unidos são complexas e multifacetadas, misturando colaboração estratégica e competição agressiva. Enquanto essas nações e empresas buscam consolidar sua liderança no setor, elas também enfrentam o desafio de navegar por um ambiente geopolítico cada vez mais volátil, onde semicondutores não são apenas componentes tecnológicos, mas também ferramentas de poder econômico e político.

Além das instituições formais, as instituições informais, como a Semiconductor Industry Association (SIA), desempenham um papel essencial na coordenação e promoção de interesses comuns entre as empresas do setor. A SIA, por meio de seu lobby e de redes de colaboração, influencia diretamente políticas públicas, especialmente em relação à pesquisa e desenvolvimento, e facilita a criação de ambientes de cooperação entre empresas de semicondutores. Ao promover padrões e práticas setoriais, a SIA facilita a inovação ao reduzir ineficiências e encorajar o compartilhamento de informações técnicas entre seus membros. Essa colaboração pode ser vital em tempos de escassez de insumos ou interrupções na cadeia de suprimento, permitindo que as empresas sejam mais resilientes diante de desafios (FACCIN, 2017)

Outro aspecto importante é a interdependência global das cadeias de suprimento de semicondutores, que se reflete na especialização regional. A produção de semicondutores envolve etapas como a extração de matérias-primas, a fabricação de wafers de silício, o design de circuitos integrados e a montagem final, cada uma realizada em diferentes partes do mundo. A TSMC, por exemplo, é conhecida por sua liderança na fabricação de chips, dominando uma grande parte do mercado global, enquanto a Nvidia se destaca no design de GPUs (unidades de processamento gráfico) avançadas, que são amplamente utilizadas em aplicações de inteligência artificial. No entanto, essa especialização também gera vulnerabilidades, pois qualquer interrupção em um elo da cadeia global pode causar impactos significativos em toda a indústria. A pandemia de Covid-19 exemplificou essa fragilidade, resultando em escassez de chips que afetou diversos setores, como o automotivo e o de eletrônicos de consumo (PEREIRA, 2024).

Em um esforço para mitigar essas vulnerabilidades, as empresas têm buscado diversificar suas fontes de suprimento e estabelecer parcerias estratégicas. A Nvidia, por exemplo, investiu pesadamente em pesquisa e desenvolvimento para garantir que seus produtos se mantenham competitivos, enquanto a TSMC expandiu sua capacidade produtiva com a construção de novas fábricas, especialmente fora de Taiwan, como forma de reduzir o risco geopolítico. Ao mesmo tempo, governos ao redor do mundo têm implementado políticas que visam fortalecer a produção doméstica de semicondutores, como o programa "Chips Act" nos Estados Unidos e iniciativas semelhantes na Europa. Essas políticas incentivam a produção local, oferecendo subsídios e incentivos fiscais, o que ajuda a diminuir a dependência de regiões específicas e a aumentar a resiliência da cadeia de suprimentos (RIZI, 2023).

Essas ações refletem uma resposta direta à crescente percepção de que a produção de semicondutores não é apenas uma questão de competitividade econômica, mas também de segurança nacional. Países como os Estados Unidos têm investido pesadamente na proteção de suas cadeias de suprimento para evitar que a escassez de semicondutores comprometa setores estratégicos, como o militar e o de telecomunicações. A ITC desempenha um papel crucial nesse processo, implementando regulações que afetam diretamente as importações e exportações desses componentes críticos.

Além das inovações tecnológicas, a cooperação entre empresas, promovida por instituições como a SIA, tem se mostrado uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios do setor. Parcerias entre fabricantes e designers de semicondutores, bem como colaborações com universidades e centros de pesquisa, têm sido essenciais para o desenvolvimento de novas tecnologias e a formação de uma base sólida de conhecimento. A troca de informações entre empresas também ajuda a otimizar processos logísticos, minimizar desperdícios e aumentar a eficiência operacional (DE OLIVEIRA LYRA, 2021).

A análise dessas instituições formais e informais e seu impacto nas operações da Nvidia e da TSMC revela a complexidade do setor de semicondutores e a necessidade de uma abordagem integrada que combine inovação tecnológica, estratégias de mitigação de riscos e políticas públicas eficazes. As empresas que conseguem navegar por esse ambiente volátil, equilibrando as demandas do mercado global com as influências regulatórias e colaborativas, estarão melhor posicionadas para liderar a próxima era da revolução tecnológica (LEVINSON, 2018).

As instituições informais, como a Semiconductor Industry Association (SIA), exercem uma influência fundamental nas operações da Nvidia e da TSMC, especialmente ao fomentar um ambiente colaborativo e moldar políticas públicas. A SIA, ao congregar os principais atores do setor de semicondutores, desempenha um papel essencial na promoção de pesquisa e desenvolvimento, influenciando diretamente a formulação de políticas governamentais e estabelecendo padrões técnicos que orientam toda a indústria. Ao representar os interesses das empresas e facilitar o diálogo entre

estas e os governos, a SIA afeta de maneira decisiva as estratégias comerciais e operacionais da Nvidia e da TSMC.

Ao longo das décadas, a SIA tem exercido um papel essencial na formulação de políticas públicas que afetam diretamente a indústria. Por meio do engajamento ativo com legisladores e reguladores, a associação tem lutado por um ambiente regulatório que favoreça a inovação e a competitividade. As iniciativas da SIA se estendem a uma ampla gama de questões, incluindo a promoção de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a defesa de políticas que garantam proteção à propriedade intelectual e a busca por subsídios que incentivem o avanço tecnológico. Sua atuação se destaca na capacidade de influenciar decisões que moldam o futuro da indústria, posicionando a SIA como um ator fundamental na esfera política e econômica.

Além de sua função de advocacia, a SIA também é uma catalisadora de colaboração entre a indústria, academia e centros de pesquisa. Reconhecendo a importância da inovação contínua, a associação promove iniciativas que visam formar uma força de trabalho qualificada e impulsionar projetos de pesquisa que respondam às demandas emergentes do mercado, como a Inteligência Artificial e a Internet das Coisas (IoT). Em tempos de desafios, como a recente escassez de semicondutores, a SIA tem trabalhado para encontrar soluções abrangentes que beneficiem não apenas suas empresas associadas, mas também a economia e a segurança tecnológica do país, reforçando sua posição como uma entidade indispensável no cenário da indústria de semicondutores.

Para a Nvidia, a SIA tem sido um canal importante para influenciar decisões políticas nos Estados Unidos, especialmente em temas relacionados a incentivos fiscais e investimentos em inovação. Como a Nvidia depende fortemente de novas tecnologias para manter sua competitividade no design de GPUs avançadas, o apoio a iniciativas de P & D coordenado pela SIA garante que a empresa se mantenha à frente nas inovações tecnológicas. A associação também atua como uma ponte para que a Nvidia colabore com outros players da indústria, criando um ambiente em que o compartilhamento de conhecimento técnico ajuda a reduzir custos e acelerar a adoção de novas tecnologias. Dessa forma, a Nvidia consegue aumentar sua eficiência operacional e, ao mesmo tempo, se beneficiar de redes colaborativas que fortalecem sua posição no mercado global (HAO, 2021)

Para a TSMC, a SIA também exerce uma influência significativa, principalmente no que diz respeito à padronização de processos e tecnologias de fabricação. A TSMC, sendo uma das maiores fabricantes de semicondutores do mundo, precisa aderir a normas e padrões que garantam a compatibilidade de seus produtos com os designs de várias empresas ao redor do mundo. A SIA ajuda a criar esses padrões, garantindo que os produtos da TSMC possam ser integrados de maneira eficiente nas cadeias de suprimentos globais. Além disso, a associação promove parcerias entre a TSMC e outras empresas de semicondutores, incentivando a colaboração em novas tecnologias como a litografia ultravioleta extrema (EUV) e o empilhamento 3D de chips. Essas colaborações permitem à

TSMC acessar novas tecnologias mais rapidamente, o que impacta diretamente sua capacidade de oferecer produtos de ponta a um custo competitivo (GOMES, 2010; LEVINSON, 2018).

Outro impacto das instituições informais, como a SIA, é sua capacidade de influenciar as decisões de investimentos setoriais. Ao promover a indústria de semicondutores como um setor crítico para a segurança nacional e o crescimento econômico, a SIA foi uma das principais influenciadoras na implementação de políticas de apoio governamental, como o "Chips Act" nos Estados Unidos. Para empresas como Nvidia e TSMC, essa legislação proporciona subsídios e incentivos fiscais que lhes permitem expandir suas capacidades produtivas e realizar inovações tecnológicas com menor risco financeiro. No caso da TSMC, a construção de fábricas fora de Taiwan, como as nos Estados Unidos, foi facilitada por essas políticas, impactando diretamente sua estratégia de diversificação e mitigação de riscos geopolíticos (TAYLOR, 2023)

Por fim, a influência da SIA na política comercial tem sido fundamental para mitigar os impactos de disputas comerciais entre grandes economias. A capacidade da associação de negociar com os governos em nome do setor ajudou a reduzir o impacto de tarifas e sanções que poderiam prejudicar empresas como Nvidia e TSMC. Em tempos de tensões comerciais, a SIA tem sido uma defensora da manutenção de cadeias de suprimento globais abertas e interconectadas, o que é essencial para a continuidade operacional dessas empresas. Isso garante que, mesmo em um ambiente de restrições comerciais, a Nvidia e a TSMC possam operar de maneira eficiente, com acesso a matérias-primas, tecnologias e mercados globais.

Portanto, as instituições informais como a SIA não apenas impactam diretamente as operações da Nvidia e da TSMC, mas também desempenham um papel estratégico na criação de um ambiente que favorece a inovação, a cooperação e a competitividade. Ao atuar como um intermediário entre a indústria e os governos, a SIA garante que as empresas possam prosperar em um setor altamente competitivo e regulado, fornecendo a flexibilidade necessária para se adaptarem rapidamente a mudanças no mercado global.

As instituições formais, como a Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC), exercem um impacto direto sobre as operações da Nvidia e da TSMC, particularmente por meio da regulação das práticas comerciais e da imposição de sanções ou tarifas. Criada em 1916, a ITC tem a função de investigar e determinar o impacto de práticas comerciais desleais, como dumping e violação de patentes, em empresas que operam nos Estados Unidos. Ao longo do tempo, essa agência governamental tem se tornado uma entidade crucial no controle das relações comerciais internacionais, particularmente em setores estratégicos como o de semicondutores, protegendo as indústrias nacionais contra concorrência desleal e garantindo a conformidade com as normas de comércio (NORTH, 1994)

No caso da Nvidia, a ITC tem uma relevância significativa, especialmente no contexto de disputas sobre propriedade intelectual e patentes tecnológicas. A Nvidia, que é uma líder no desenvolvimento de unidades de processamento gráfico (GPUs), frequentemente registra patentes para proteger suas inovações tecnológicas. Quando essas patentes são infringidas por concorrentes estrangeiros, a Nvidia pode recorrer à ITC para solicitar investigações e, se necessário, impor restrições à importação de produtos que utilizem suas tecnologias de maneira indevida. Em diversas ocasiões, a ITC interveio para proteger os direitos de propriedade intelectual da Nvidia, garantindo que a empresa mantenha sua vantagem competitiva no mercado de alta tecnologia. Além disso, a proteção legal fornecida pela ITC oferece à Nvidia uma maior segurança ao investir em novas tecnologias, sabendo que existe uma estrutura legal que protege seus direitos comerciais.

A TSMC, por sua vez, também sente os impactos da ITC, particularmente quando envolvida em disputas comerciais ou no enfrentamento de barreiras tarifárias. Como uma das maiores fabricantes de semicondutores do mundo, a TSMC fornece chips para uma ampla gama de clientes globais, incluindo empresas norte-americanas. No entanto, a competitividade da TSMC pode ser ameaçada por políticas comerciais dos Estados Unidos, especialmente quando produtos de tecnologia avançada estão em jogo. Quando há disputas, a ITC tem o poder de impor tarifas ou proibir a importação de certos produtos fabricados pela TSMC, caso seja identificado o uso de práticas desleais ou a violação de normas comerciais dos EUA. Isso significa que a TSMC precisa estar constantemente em conformidade com os regulamentos impostos pela ITC para evitar barreiras legais que possam prejudicar suas operações no mercado norte-americano (LI, 2017).

Além das questões de propriedade intelectual e comércio justo, a ITC desempenha um papel importante na proteção da segurança econômica e nacional dos Estados Unidos. No cenário atual, onde a produção de semicondutores é considerada crítica para a infraestrutura digital e para o avanço de tecnologias como inteligência artificial, 5G e computação quântica, a ITC tem reforçado seu papel regulatório para garantir que as empresas que operam nos Estados Unidos, incluindo Nvidia e TSMC, estejam em conformidade com normas que protejam a segurança cibernética e econômica. Essa supervisão adicional pode resultar em sanções rigorosas para empresas que não cumprem as exigências de controle de exportação ou que participam de práticas consideradas prejudiciais à economia dos EUA, como a dependência excessiva de fornecedores em países considerados de risco.

Historicamente, a ITC tem sido uma defensora dos interesses econômicos dos Estados Unidos, especialmente em tempos de crises comerciais ou tensões geopolíticas. Durante as tensões comerciais entre os EUA e a China, por exemplo, a ITC foi um dos principais órgãos responsáveis por investigar as práticas comerciais de empresas chinesas que competiam no setor de semicondutores. Essa intervenção direta afetou empresas como a TSMC, que, embora sediada em Taiwan, possui uma interconexão complexa com a cadeia de suprimentos chinesa. Em resposta, a TSMC teve que

reestruturar partes de suas operações para minimizar a exposição a possíveis sanções ou barreiras comerciais impostas pela ITC, garantindo assim a continuidade de suas operações no mercado global, especialmente nos Estados Unidos (DA SILVA, 2022).

Outro aspecto importante das instituições formais, como a ITC, é seu papel na aplicação de regulamentações ambientais e de segurança. No setor de semicondutores, que requer a utilização de substâncias químicas e processos de manufatura complexos, a conformidade com as normas ambientais é fundamental. A ITC, em colaboração com outras agências governamentais, pode impor penalidades a empresas que não atendem aos padrões de sustentabilidade ou que falham em garantir a segurança de seus processos produtivos. Para Nvidia e TSMC, isso significa investir em práticas de manufatura sustentável e em tecnologias limpas, de modo a evitar multas e manter sua licença para operar no mercado norte-americano. Dessa forma, as instituições formais, como a ITC, impactam diretamente a Nvidia e a TSMC ao definir as regras do comércio global, ao proteger os direitos de propriedade intelectual e ao garantir que as empresas ajam de acordo com as normas legais e regulatórias. Ao longo de sua trajetória, a ITC tem se mostrado uma entidade fundamental para manter a ordem e a justiça no comércio internacional, e sua influência sobre as operações dessas gigantes dos semicondutores reflete o papel estratégico que as instituições formais desempenham na manutenção da competitividade e eficiência das empresas em um mercado global dinâmico (NORTH, 1989)

A resposta lenta da SIA e da ITC à crise de semicondutores foi em grande parte causada pela complexidade da cadeia de suprimentos global e a falta de coordenação imediata entre governos, reguladores e empresas. A pandemia de COVID-19 trouxe desafios sem precedentes, como interrupções no transporte, falta de insumos e o aumento repentino da demanda por eletrônicos e veículos, o que exacerbou a escassez. As instituições enfrentaram dificuldades em lidar com essas variáveis em tempo hábil, evidenciando a necessidade de planos de contingência mais robustos e maior agilidade no monitoramento de riscos (PEREIRA, 2024).

Para melhorar a resiliência da cadeia de suprimentos de semicondutores, algumas estratégias são essenciais. Em primeiro lugar, aumentar a diversificação geográfica das fábricas de semicondutores ajudaria a reduzir a dependência de um único polo de produção, como Taiwan. Incentivar a construção de fábricas em diferentes regiões, como na Europa e América do Norte, ajudaria a mitigar os riscos geopolíticos. Em segundo lugar, a criação de estoques estratégicos de chips críticos por parte de governos e empresas garantiria uma resposta mais rápida a crises futuras. Além disso, o fortalecimento da colaboração entre governos, indústrias e associações, como a SIA, facilitaria a implementação de políticas ágeis que antecipem problemas e respondam de maneira eficaz às demandas globais. Outra estratégia inovadora seria o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias emergentes de semicondutores, como a fotônica de silício e os chips quânticos, que poderiam diversificar a oferta de componentes essenciais e reduzir a dependência de tecnologias tradicionais.

Por fim, a digitalização da cadeia de suprimentos, com o uso de inteligência artificial e análise de dados, permitiria um acompanhamento mais eficiente dos fluxos de produção e a identificação de gargalos em tempo real, proporcionando respostas ágeis a crises futuras (LIMA, 2014; SILVA, 2022).

A ITC tem sido alvo de críticas ao longo dos anos, principalmente devido à morosidade em resolver disputas comerciais, como a envolvendo a NVIDIA e a Qualcomm em 2018. Essa disputa de patentes, centrada em tecnologias de GPU e processadores móveis, prolongou-se por meses, afetando negativamente a competitividade da NVIDIA no mercado de semicondutores. A demora da ITC em emitir uma decisão limitou a capacidade de ambas as empresas de reagir rapidamente às mudanças tecnológicas e às demandas do mercado, prejudicando o ritmo de inovação e a introdução de novos produtos (ELSTER, 2022).

Essa morosidade regulatória também teve repercussões na posição da TSMC, uma das principais fabricantes para ambas as empresas. A incerteza gerada pelas disputas de patentes comprometeu a previsibilidade das encomendas e dos cronogramas de produção, gerando atrasos na fabricação de novos chips. Em um ambiente de mercado altamente competitivo e dinâmico, a ineficiência da ITC impôs barreiras não apenas às empresas envolvidas diretamente na disputa, mas também a suas parceiras estratégicas, como a TSMC, que depende de processos ágeis e decisões rápidas para manter sua liderança no setor de semicondutores (PEREIRA, 2024).

A ITC, além de sua função nas disputas de patentes, desempenha um papel crucial na regulação das importações, o que afeta diretamente a cadeia de suprimentos de empresas como NVIDIA e TSMC. Em momentos de tensão comercial, como as disputas entre os Estados Unidos e a China, a ITC esteve envolvida na imposição de restrições que impactaram a circulação de componentes essenciais para o setor de semicondutores. Embora a intenção dessas medidas seja proteger os interesses comerciais nacionais, elas também trouxeram desafios logísticos e operacionais significativos para empresas com cadeias de suprimentos globais. No caso da TSMC, por exemplo, tais barreiras criaram dificuldades na obtenção de insumos necessários para a produção, afetando o ritmo das operações em um mercado de rápida evolução (GÉLIO, 2011; MAHDAVI, 1994).

Outro ponto de atenção é o ritmo acelerado da inovação tecnológica no setor de semicondutores, que muitas vezes desafia a capacidade da ITC de acompanhar as mudanças. Disputas tecnológicas, como a entre NVIDIA e Qualcomm em 2018, envolveram questões técnicas de alta complexidade, o que prolongou o processo de resolução. Embora compreensível, esse atraso regulatório pode gerar incertezas para empresas que dependem de decisões rápidas para avançar com novos projetos e produtos. A falta de uma resposta ágil pode, ocasionalmente, retardar o ritmo de inovação e afetar a competitividade em um mercado global extremamente dinâmico (VENGATESAN, 2021).

Além disso, o alinhamento das decisões da ITC com políticas econômicas e comerciais mais amplas, especialmente em tempos de incerteza geopolítica, pode ter impactos inesperados nas operações de empresas como NVIDIA e TSMC. Sanções comerciais ou barreiras impostas por razões estratégicas podem aumentar os custos e diminuir a flexibilidade das empresas. Mesmo que essas decisões busquem proteger a economia nacional, elas podem gerar efeitos colaterais no cenário internacional, criando desafios adicionais para empresas que dependem de um fluxo eficiente e constante de insumos globais (MAHDAVI, 2014)

5 ENTREVISTA COM COLABORADOR DA TSMC

Em 5 de novembro de 2024, foi realizada uma entrevista confidencial via Microsoft Teams com um colaborador da TSMC, abordando desafios regulatórios e estratégicos globais, incluindo as políticas da SIA e ITC.

De início, abordou-se o cenário regulatório moldado pela ITC e pela SIA e a forma como a TSMC equilibra conformidade regulatória com sua missão de inovação. A empresa realiza parcerias frequentes com a SIA para monitorar regulamentações e tendências emergentes no setor. Para garantir que os avanços tecnológicos ocorram em conformidade com as normas exigidas, a TSMC conta com equipes dedicadas à adaptação dos processos internos, assegurando que a inovação ocorra sem comprometer os padrões de segurança e conformidade requeridos.

Em relação aos desafios regulatórios específicos impostos pela ITC e pela SIA, que afetam as estratégias de longo prazo da TSMC, discutiu-se o impacto das restrições da ITC sobre a exportação de componentes e tecnologias de ponta dos Estados Unidos, uma vez que essas limitações são percebidas como uma ameaça à competitividade global da TSMC. Para mitigar esse risco, a empresa investe em parcerias e fornecedores fora dos Estados Unidos, reduzindo sua dependência de tecnologias norte-americanas e preservando sua capacidade produtiva. Tal diversificação é vital para reduzir vulnerabilidades, especialmente em um contexto onde embargos e sanções comerciais têm se tornado mais frequentes.

O colaborador também explicou como a TSMC responde às pressões da SIA para fortalecer as práticas de segurança na cadeia de suprimentos. Para atender a esses requisitos, a TSMC adota verificações de conformidade e padrões de segurança rigorosos que visam proteger a cadeia contra possíveis ameaças geopolíticas. Essa abordagem preventiva fortalece a integridade da cadeia de valor e, simultaneamente, protege a empresa de ameaças externas que possam comprometer a continuidade de sua produção.

Com relação às políticas de incentivo e restrição da ITC, como o Chips Act dos Estados Unidos, a TSMC respondeu estrategicamente com a construção de fábricas em solo americano, o que permitiu à empresa não apenas atender às expectativas de segurança do governo local, mas também

acessar incentivos fiscais vantajosos. Esse investimento garante uma presença produtiva próxima aos clientes estratégicos e fortalece a resiliência operacional da TSMC, ao mesmo tempo em que reforça a relevância da empresa no mercado norte-americano.

Por fim, o colaborador abordou os impactos das políticas protecionistas da ITC na competitividade internacional da TSMC. Embora o CHIPS Act ofereça incentivos no mercado norte-americano, o colaborador apontou que as políticas de protecionismo envolvem desafios, especialmente em relação aos altos custos de operação e à complexidade regulatória. Para equilibrar esses aspectos, a TSMC adota uma estratégia de expansão para outros mercados e investimentos contínuos em inovação, preservando flexibilidade e competitividade em um cenário global marcado por incertezas econômicas e políticas.

Algumas observações adicionais - citadas no fim da conversa - ajudam a ilustrar a complexidade das interações entre a TSMC e a SIA e ITC. A TSMC, em parceria com a SIA, exerce influência significativa na criação de políticas globais, buscando balancear segurança nacional dos Estados Unidos e viabilidade econômica para empresas como a própria TSMC. A dependência de fornecedores americanos e europeus permanece um aspecto crítico, uma vez que tecnologias como máquinas de litografia da ASML e softwares especializados de empresas americanas são fundamentais para a produção de semicondutores. Esse contexto torna as decisões políticas da ITC ainda mais impactantes para a TSMC.

A TSMC, assim, adota uma postura resiliente e adaptável em resposta às pressões regulatórias da ITC e SIA, ajustando continuamente suas práticas para manter-se em conformidade e inovadora. Esse alinhamento estratégico entre as demandas institucionais e de mercado posiciona a TSMC como uma das principais líderes globais no setor, capaz de equilibrar com sucesso a inovação e a segurança, sem perder de vista as metas de sustentabilidade e responsabilidade social impostas pelas regulamentações e expectativas dos stakeholders.

6 ENTREVISTA COM COLABORADOR DA SIA

Em 30 de outubro de 2024, uma entrevista telefônica com um ex-colaborador da Semiconductor Industry Association (SIA) abordou desafios estratégicos do setor de semicondutores. A conversa explorou pressões regulatórias, riscos à cadeia de suprimentos e relações com empresas como Nvidia e TSMC. Em conformidade com a LGPD, a identidade do entrevistado foi mantida confidencial.

A SIA enfrenta críticas frequentes acerca de sua influência no setor e de um suposto favorecimento aos interesses das grandes corporações de semicondutores, que detêm maior poder e recursos para influenciar decisões políticas. Essas críticas destacam que, ao favorecer certas políticas, a SIA poderia estar limitando a competição e fortalecendo monopólios. No entanto, o ex-colaborador

afirmou que o papel da SIA é garantir estabilidade e crescimento sustentável para toda a indústria de semicondutores, assegurando que as práticas e políticas adotadas atendam tanto à segurança nacional quanto ao desenvolvimento de um ambiente regulatório equilibrado. Embora as grandes empresas sejam cruciais para a cadeia de suprimentos, a SIA busca um ecossistema que também favoreça pequenos fornecedores e novas empresas, argumentando que a diversidade é essencial para o futuro do setor.

A organização enfrenta um desafio importante em lidar com os interesses conflitantes entre a maximização de lucros por parte das empresas e a necessidade de resiliência nas cadeias de suprimentos. A SIA reconhece a complexidade de equilibrar esses interesses e promove uma abordagem estratégica que incentiva discussões sobre a importância de investimentos em diversificação e redundância na cadeia de suprimentos. Embora isso possa impactar as margens de lucro no curto prazo, a organização acredita que um investimento inicial maior em infraestrutura e diversificação seja essencial para mitigar interrupções e, ao mesmo tempo, possibilitar uma resposta mais ágil a crises. Dessa forma, a SIA busca uma estrutura de suporte que permita que as empresas adaptem-se rapidamente a qualquer instabilidade global, com foco na continuidade operacional.

Outro ponto crítico abordado foi a concentração da produção de semicondutores em alguns poucos países, como Taiwan e Coreia do Sul, um fator visto pela SIA como uma ameaça significativa à estabilidade do setor. Essa concentração aumenta os riscos associados a tensões geopolíticas e a possíveis desastres naturais nessas regiões. Em resposta, a SIA defende uma expansão global da produção de semicondutores, promovendo a construção de fábricas em novas localizações, incluindo os Estados Unidos e a Europa. A descentralização da produção tem o objetivo de reduzir o impacto de interrupções localizadas e aumentar a capacidade de resposta do setor diante de crises, uma medida que contribui para o fortalecimento da segurança e autonomia das cadeias de suprimentos globais.

A SIA expressa preocupação com algumas regulamentações que considera excessivamente restritivas e desatualizadas, o que pode prejudicar a competitividade global das empresas de semicondutores. Essas limitações dificultam a expansão das empresas em mercados estrangeiros e podem impactar negativamente o crescimento do setor. A organização defende a atualização dessas regulamentações para que reflitam as realidades tecnológicas atuais, promovendo a inovação sem comprometer a segurança. Um ajuste regulatório adequado é visto como essencial para o desenvolvimento sustentável da indústria e a manutenção da competitividade no mercado global.

A cadeia de suprimentos de empresas como Nvidia e TSMC foi identificada pela SIA como particularmente vulnerável em razão de uma dependência excessiva de fornecedores específicos e de locais de produção altamente concentrados. Para enfrentar essas vulnerabilidades, a SIA recomenda que as empresas diversifiquem suas fontes de matérias-primas e insumos críticos, minimizando a dependência de uma única região ou parceiro. A organização também sugere a ampliação das medidas

de estoque de segurança, permitindo uma maior flexibilidade e resiliência em momentos de crise. Essas práticas visam reduzir o impacto de interrupções e aumentar a adaptabilidade das empresas em um ambiente de volatilidade global.

7 ENTREVISTA COM COLABORADOR DA NVIDIA

No contexto das dinâmicas que envolvem as operações e cadeias de suprimento da Nvidia, a empresa tem adaptado suas operações para se alinhar às normas e regulamentações da ITC e da SIA. A Nvidia considera essas organizações cruciais para garantir que suas operações estejam em conformidade com os regulamentos internacionais, especialmente em um mercado global tão dinâmico e competitivo. A integração das políticas da ITC e da SIA permite à empresa operar com mais segurança jurídica e adaptabilidade, fundamental em um setor altamente regulamentado como o de semicondutores.

De acordo com a Nvidia, as políticas da ITC, especialmente no que diz respeito à exportação de semicondutores, têm um impacto direto nas estratégias de cadeias de suprimento da empresa. A empresa tem trabalhado ativamente para garantir que seus produtos atendam aos requisitos de regulamentação impostos por essas entidades, a fim de evitar barreiras comerciais e garantir uma logística eficiente. Isso inclui a adequação às normas de exportação, práticas de comércio justo e a manutenção de padrões técnicos elevados.

Em relação às regulamentações globais, a Nvidia observa que os desafios enfrentados pela empresa são muitas vezes relacionados à flexibilidade da cadeia de suprimentos. Embora as regulamentações, como as da ITC, possam representar obstáculos, a empresa tem se adaptado com rapidez, ajustando suas operações e investindo em tecnologias e processos que garantem maior agilidade e eficiência em sua cadeia de suprimentos. Isso tem sido particularmente importante para garantir a continuidade das operações, mesmo diante de mudanças regulatórias ou de mercado.

A Nvidia vê as práticas da SIA como uma grande vantagem competitiva, pois essas políticas de autorregulação ajudam a definir padrões globais e asseguram que as empresas do setor estejam alinhadas quanto à qualidade e inovação. O envolvimento da Nvidia com a SIA tem permitido à empresa influenciar as direções do setor e integrar as melhores práticas dentro de suas operações. Esse alinhamento contribui não apenas para a sustentabilidade de suas operações, mas também para o fortalecimento de sua posição no mercado global.

No entanto, a Nvidia também reconhece que existem práticas informais no setor de semicondutores que desempenham um papel significativo em garantir a resiliência da sua cadeia de suprimentos. Muitas dessas práticas envolvem parcerias estratégicas de longo prazo, acordos informais com fornecedores e clientes, e a capacidade de resolver rapidamente questões logísticas ou técnicas sem recorrer a processos burocráticos formais. Essas práticas complementam as

regulamentações formais, proporcionando flexibilidade e adaptabilidade diante de mudanças inesperadas.

A inovação e a eficiência operacional são impulsionadas pelas regulamentações da ITC e da SIA, segundo a Nvidia, que destaca que as decisões dessas instituições frequentemente estimulam a empresa a adotar tecnologias de ponta e a buscar formas mais eficientes de produção e distribuição. As regulamentações, em vez de restringir a inovação, têm incentivado a empresa a melhorar seus processos e produtos, garantindo que seus semicondutores atendam aos mais altos padrões de qualidade.

Em relação às dificuldades enfrentadas em sua cadeia de suprimentos devido à intervenção de instituições formais, a Nvidia lembra que a empresa já enfrentou desafios relacionados a mudanças inesperadas nas regulamentações ou a barreiras comerciais em algumas regiões. No entanto, a Nvidia sempre buscou alternativas para superar esses obstáculos, seja por meio de diversificação de fornecedores, ajustes em sua produção ou investindo em tecnologias para melhorar a eficiência logística.

Para mitigar os riscos associados à dependência de parceiros específicos, especialmente em relação às mudanças nas regulamentações internacionais, a Nvidia implementou uma série de estratégias. A empresa tem buscado constantemente diversificar sua rede de fornecedores e fortalecer seus relacionamentos com parceiros chave, garantindo flexibilidade e resiliência na cadeia de suprimentos. Além disso, a Nvidia tem mantido uma estreita colaboração com as entidades reguladoras e a SIA para antecipar mudanças regulatórias que possam afetar seus processos.

A Nvidia também tem se preparado proativamente para as mudanças nas políticas globais. A empresa monitora de perto as mudanças nas regulamentações comerciais e as diretrizes da SIA, ajustando suas operações conforme necessário para manter a conformidade e otimizar a produção. Esse foco na adaptação constante permite à Nvidia manter sua posição de liderança no setor de semicondutores, mesmo em um cenário de mercado altamente volátil.

Por fim, a Nvidia destaca a importância do diálogo contínuo com outras empresas do setor, especialmente dentro da SIA, para garantir a sustentabilidade e eficiência das cadeias de suprimento. A colaboração entre empresas ajuda a criar soluções conjuntas para desafios comuns, como regulamentações mais rígidas ou crises de oferta, além de permitir uma troca de conhecimentos e experiências que fortalece o setor como um todo. A Nvidia acredita que esse engajamento é essencial para garantir um futuro resiliente para as cadeias de suprimentos globais de semicondutores.

8 CONCLUSÃO

O presente estudo destacou a influência substancial exercida pelas instituições formais, como a Comissão de Comércio Internacional dos Estados Unidos (ITC), e pelas instituições informais, a

exemplo da Semiconductor Industry Association (SIA), na organização das operações e das cadeias globais de suprimentos de semicondutores. Enquanto as instituições formais impõem diretrizes que regulam práticas comerciais, influenciam a alocação de recursos e delimitam o campo competitivo, as informais promovem a colaboração intersetorial, fomentam a inovação e estabelecem padrões de governança e sustentabilidade no setor. Essas dinâmicas, por sua vez, moldam as estratégias empresariais de adaptação, resiliência e expansão, especialmente em um mercado caracterizado pela alta dependência tecnológica e vulnerabilidades geopolíticas.

A análise revelou que a conjugação dessas forças institucionais é determinante para a competitividade e a eficiência das empresas do setor, como Nvidia e TSMC, ao mesmo tempo em que amplia os desafios relacionados à concentração geográfica da produção, à dependência de fornecedores estratégicos e à crescente complexidade regulatória. Tais fatores, como demonstrado, requerem a adoção de estratégias robustas que equilibrem conformidade, inovação tecnológica e diversificação geográfica, assegurando a continuidade operacional em cenários adversos.

No que tange às implicações, este trabalho enriquece o debate acadêmico ao posicionar as instituições formais e informais como elementos estruturantes de cadeias globais de valor, oferecendo uma perspectiva interdisciplinar para compreender sua influência nos setores estratégicos. Em termos práticos, os resultados ressaltam a necessidade de gestores, formuladores de políticas e associações de classe desenvolverem estratégias integradas que considerem não apenas as exigências regulatórias, mas também as dinâmicas colaborativas, de modo a fortalecer a resiliência e a sustentabilidade do setor de semicondutores. Nesse sentido, espera-se que esta pesquisa contribua para o avanço das discussões sobre o equilíbrio entre regulação, inovação e competitividade, propondo caminhos para uma governança institucional mais alinhada às demandas do cenário tecnológico contemporâneo.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, Guilherme Jorge. Semicondutores: um estudo para a China e Estados Unidos nas cadeias globais de valor. Textos de Economia, v. 25, n. 2, p. 01-28, 2022.

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

DELIGÖZ, Halil. US technological statecraft towards China. Journal of International Trade Law and Policy, 2024.

NOMEADAS. 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ELSTER, Anne C.; HAUGDAHL, Tor A. Nvidia hopper gpu and grace cpu highlights. Computing in Science & Engineering, v. 24, n. 2, p. 95-100, 2022.

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.

LI, Peng et al. Adaptive multivariable integral TSMC of a hypersonic gliding vehicle with actuator faults and model uncertainties. IEEE/ASME Transactions On Mechatronics, v. 22, n. 6, p. 2723-2735, 2017.

LIMA, Adriel Ademilson de et al. Análise microeconômica sobre o mercado de semicondutores: os impactos causados pela pandemia. 2021.

MOMOKO, Kawakami. Taiwan's TSMC as a focal point of US-China high-tech conflict. Asia-Pacific Review, v. 29, n. 1, p. 5-12, 2022.

NORTH, Douglass C. Economic performance through time. The American economic review, v. 84, n. 3, p. 359-368, 1994.

NORTH, Douglass C. Institutions and economic growth: An historical introduction. World development, v. 17, n. 9, p. 1319-1332, 1989.

RIZI, Aida Damanpak et al. From Talent Shortage to Workforce Excellence in the CHIPS Act Era: Harnessing Industry 4.0 Paradigms for a Sustainable Future in Domestic Chip Production. arXiv preprint arXiv:2308.00215, 2023.

RODRIGUES, Clóves Gonçalves. Panorama do mercado global da indústria de semicondutores Overview of the global semiconductor industry market. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 7, p. 74936-74944, 2021.

SCHIOCHETTI, Rafaela Souza et al. Taiwan, China e EUA: Disputa Geopolítica e a Indústria de Semicondutores. 2023.

SILVA, Fabrício Emydio da et al. Análise de riscos logísticos da cadeia global de suprimentos dos semicondutores. 2023.