UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

IGOR DE OLIVEIRA RAMOS CAMPOS

O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM) E O SIRIUS: ANÁLISE GEOGRÁFICA DE UM HABITAT NO ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS/SP

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO - SP
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

IGOR DE OLIVEIRA RAMOS CAMPOS

O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM) E O SIRIUS: análise geográfica de um *habitat* no ecossistema de inovação no município de Campinas/SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Auro Aparecido Mendes

RIO CLARO - SP

2024

C198c

Campos de Oliveira Ramos, Igor
O Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM) e o Sirius : análise geográfica de um habitat no ecossistema de inovação no município de Campinas/SP / Igor Campos de Oliveira Ramos. -- Rio Claro, 2024
169 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Auro Aparecido Mendes

1. Geografia da Inovação. 2. CNPEM. 3. Sirius. 4. Ecossistema de Inovação. 5. Habitats de Inovação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

IGOR DE OLIVEIRA RAMOS CAMPOS

O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM) E O SIRIUS: análise geográfica de um *habitat* no ecossistema de inovação no município de Campinas/SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Auro Aparecido Mendes (Orientador)
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Campus de Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Paulo Roberto Teixeira de Godoy
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Campus de Rio Claro (SP)

Profª. Drª. Regina Helena Tunes
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Campus Maracanã (RJ)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro (SP), 21 de agosto de 2024.

Aos meus pais Plínio e Silvana e a minha maravilhosa esposa Ana Laura

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Senhor Jesus por estar comigo em todos os momentos desta jornada acadêmica, seja me confortando com ternura, me encorajando a vencer circunstâncias desafiadoras e me ensinado a confiar em Seu infinito poder e graça.

Aos meus pais Plínio Januário Ramos Campos e Silvana de Oliveira, os sinceros fundamentos da minha vida, pessoas em que sempre posso encontrar abrigo, conforto e paz.

Aos meus irmãos Willian de Oliveira Ramos Campos e Lilian de Oliveira Ramos Campos, que apesar da distância existente entre nós, por conta das minhas escolhas, não se esquecem de mim.

A minha maravilhosa esposa Ana Laura Loureiro Souza, pessoa que me incentivou e esteve comigo durante a dificuldade, tendo amor, compaixão, zelo, carinho e compreensão.

Aos meus amigos, chegados como irmãos, Kleiton Gomes Peixe e Felipe Carvalho Souza, pessoas que me ouviram com atenção nos momentos de angústia e também de felicidade.

Ao fraterno amigo Danilo Cassoli e seus pais, pois me acolheram como se eu fosse da família, estando comigo nos tempos difíceis e também nos de celebrações durante minha estada na cidade de Rio Claro.

Aos meus familiares que estiveram próximos durante esse período de estudos e dedicação.

Aos muitos familiares da minha esposa, todos, sem exceção. Porém, desejo destacar Ana Loureiro e João Paulo Gonzaga do Nascimento, pessoas próximas de mim que trouxeram palavras de estima e incentivo, revigorando minhas forças em muitos momentos complicados.

Ao mestre e parceiro Prof. Dr. Auro Aparecido Mendes pela jornada acadêmica e pela paciência durante todo o processo de construção da minha dissertação de mestrado. Os seus ensinos preciosos me prepararam para uma interpretação geográfica crítica da realidade.

Ao amigo Higor Bonzanini, pelo suporte oferecido na produção dos mapas deste trabalho.

Por fim, quero agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo investimento que me foi concedido. Sem tais subsídios seria impossível realizar uma pesquisa com tais níveis de detalhes.

"O país que não dominar a ciência e a tecnologia será colonizado e re-colonizado."

(Darcy Ribeiro)

RESUMO

A pesquisa foi realizada sobre o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), situado estrategicamente no município de Campinas, a cerca de 100 km da capital, São Paulo. O Centro é considerado um núcleo de alta tecnologia e inovação, desenvolvendo pesquisas na fronteira do conhecimento. O CNPEM se destaca no cenário tecnológico internacional, sobretudo pela presença do Sirius, um acelerador de partículas síncrotron de 4ª geração, com características únicas no Hemisfério Sul. Esta máquina revolucionária movimenta partículas próximas à velocidade da luz, desvendando os mistérios das estruturas mais elementares da matéria. A luz síncrotron, um produto proveniente do Sirius, é empregada como uma ferramenta poderosa, oferecendo aos pesquisadores visões minuciosas e inéditas de diversos materiais, incentivando avanços científicos significativos em áreas como biologia, química, física, nanotecnologia, engenharias e também em soluções ambientais. Entretanto, esse complexo centro de pesquisa vai além de suas contribuições científicas. Ele também influencia a dinâmica espacial onde está presente, haja vista que suas instalações necessitam de uma infraestrutura territorial adequada, que permite a atração de novos talentos e profissionais qualificados, ocasionando, portanto, intenso fluxo de pessoas, mercadorias, conhecimento e informações. Sua localização, próxima à Unicamp e ao Parque Científico e Tecnológico, reflete uma iniciativa estratégica a fim de estabelecer os elementos que compõem um ecossistema de inovação. A análise teórica desta pesquisa se insere no contexto da Geografia da Inovação e dos Ecossistemas de Inovação, explorando as dinâmicas que moldam ambientes de alta tecnologia como o CNPEM. É mister salientar que a seleção do lugar definitivo do laboratório nacional não foi aleatória; o ambiente escolhido possui características de proeminente interação entre a tríplice hélice de inovação: universidade, indústria e governo. Dessa maneira, argumentamos que o município de Campinas transcende a definição convencional de um Polo Tecnológico, manifestando-se, atualmente, como um exemplo conciso e singular de Ecossistema de Inovação, tendo o CNPEM como seu principal habitat de difusão científica, tecnológica e de inovação.

Palavras-chave: Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM); Ecossistemas de Inovação; Habitats de Inovação; Geografia da Inovação; Inovação e Alta Tecnologia.

ABSTRACT

The research was conducted on the National Center for Research in Energy and Materials (CNPEM), strategically located in the city of Campinas, about 100 km from the capital, São Paulo. The Center is considered a hub of high technology and innovation, developing research at the frontier of knowledge. CNPEM stands out in the international technological scene, especially for the presence of Sirius, a 4th generation synchrotron particle accelerator, with unique features in the Southern Hemisphere. This revolutionary machine moves particles close to the speed of light, unraveling the mysteries of the most elementary structures of matter. Synchrotron light, a product from Sirius, is used as a powerful tool, offering researchers detailed and unprecedented views of various materials, encouraging significant scientific advances in areas such as biology, chemistry, physics, nanotechnology, engineering, and also in environmental solutions. However, this complex research center goes beyond its scientific contributions. It also influences the spatial dynamics where it is present, given that its facilities require an adequate territorial infrastructure, which allows the attraction of new talents and qualified professionals, thus causing an intense flow of people, goods, knowledge, and information. Its location, close to Unicamp and the Scientific and Technological Park, reflects a strategic initiative to establish the elements that make up an innovation ecosystem. The theoretical analysis of this research is inserted in the context of the Geography of Innovation and Innovation Ecosystems, exploring the dynamics that shape high-technology environments like CNPEM. It is important to emphasize that the selection of the definitive location of the national laboratory was not random; the chosen environment has characteristics of prominent interaction among the triple helix of innovation: university, industry, and government. In this way, we argue that the city of Campinas transcends the conventional definition of a Technological Hub, currently manifesting itself as a concise and unique example of an Innovation Ecosystem, with CNPEM as its main habitat for scientific, technological, and innovation diffusion.

Keywords: National Center for Research in Energy and Materials (CNPEM); Innovation Ecosystems; Innovation Habitats; Geography of Innovation; Innovation and High Technology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....10
CAPÍTULO 1 — EMBASAMENTO TEÓRICO.....16
1.1 A INOVAÇÃO EM FOCO: CRIAÇÃO DESTRUTIVA, INOVAÇÃO DISRUPTIVA E INOVAÇÃO INCREMENTAL..... 16
1.2 ASPECTOS TECNOLÓGICOS E INOVATIVOS NO CONTEXTO BRASILEIRO: UM PAÍS DE INDUSTRIALIZAÇÃO TARDIA.....26
1.3 O MOVIMENTO DAS HÉLICES COMO PROPULSÃO PARA A INOVAÇÃO..... 30
1.3.1 Características do modelo estatista..... 31
1.3.2 Características do modelo Laissez-faire..... 33
1.3.3 A "Tríplice Hélice": um modelo alternativo para a inovação em movimento.....39
1.3.4 A Quádrupla Hélice..... 43
1.3.5 A sustentabilidade e sua relação com as Hélices de Inovação.....46
1.4 A FORMAÇÃO DO CONCEITO ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES ESPACIAIS..... 50
1.5 ECOSSISTEMAS E SEUS HABITATS DE INOVAÇÃO.....56
1.5.1 Os Habitats de Inovação..... 58
CAPÍTULO 2 — RECORTE ESPACIAL: O MUNICÍPIO DE CAMPINAS (SP)..... 64
2.1 A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS (RMC): PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TERRITORIAIS E URBANAS..... 73
2.1.1 Campinas: rica em aspectos econômicos e em contradições socioespaciais..... 80
CAPÍTULO 3 — OBJETO DA PESQUISA EM SEU RECORTE ESPACIAL. O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM): UM ECOSSISTEMA DE PESQUISA E INOVAÇÃO.....84
3. 1 O CNPEM: OS PRINCIPAIS DESTAQUES DOS HABITATS DESTE ECOSSISTEMA DE PESQUISA E INOVAÇÃO.....90
3.2 O CNPEM: SEUS LABORATÓRIOS E ÁREAS DE ATUAÇÃO.....91
3.2.1 O Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano).....91
3.2.2 O Laboratório Nacional de Biotecnologia (LNBio)..... 92
3.2.3 O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).....94
3.2.4 O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR).....95
3.3 O POTENCIAL DISRUPTIVO DOS LABORATÓRIOS DO CNPEM: O CAMINHO PARA INOVAÇÕES DISRUPTIVAS..... 97
CAPÍTULO 4 — DE PROJETO A LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS): A DEFINITIVA LOCALIZAÇÃO EM CAMPINAS (SP)..... 98
4.1 CAMPINAS (SP) COMO LOCALIZAÇÃO DEFINITIVA DO LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS)..... 101
CAPÍTULO 5 — A INAUGURAÇÃO DO SÍNCROTRON UVX: O PRINCÍPIO DA FUTURA CONSTRUÇÃO DO ACELERADOR DE PARTÍCULAS SIRIUS.....121
5.1 O PROJETO SIRIUS E SUA DEFINITIVA CONSTRUÇÃO..... 130
5.1.1 As primeiras atividades contratadas: serviços de terraplenagem, arquitetura e engenharia civil..... 135

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 145
REFERÊNCIAS..... 154
APÊNDICE I..... 167

INTRODUÇÃO

A pesquisa realizada aborda a infraestrutura científica e tecnológica mais complexa do Brasil: o Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), localizado no município de Campinas, a aproximadamente 100 km da capital paulista. Neste local, construiu-se uma das máquinas mais avançadas do mundo, o acelerador de partículas síncrotron Sirius, possibilitando investigações sobre os elementos mais profundos da matéria. Atualmente, ele opera em um dos quatro laboratórios nacionais do Centro, situado nas instalações do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).

Além do LNLS, um dos seus principais laboratórios, o CNPEM também abriga outros três: o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR); e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). O complexo inclui também uma instituição de ensino superior especializada, a Ilum, responsável pela formação científica e tecnológica em ciências. As investigações conduzidas nesses locais abarcam uma ampla gama de áreas do conhecimento, incluindo biotecnologia, biomedicina, medicina, fármacos, geologia, agricultura, combustíveis renováveis, fertilizantes e as propriedades físicas e químicas dos materiais, entre outros tópicos (CNPEM, 2012).

O CNPEM é caracterizado como uma entidade territorial multifacetada em suas operações — um *habitat* brasileiro singular nas suas características de inovação. Esta infraestrutura complexa de alta tecnologia comporta várias redes interativas de fluxos, tanto materiais quanto imateriais, no âmbito do conhecimento e da informação. Conforme Santos (2021, p. 86-87) “os fixos provocam fluxos em função dos seus dados técnicos, que são geralmente locacionais, mas também em função de dados políticos”. Essa perspectiva indica que o CNPEM se caracteriza como uma construção social que mobiliza a inovação na dimensão local e regional, bem como em horizontes geográficos mais distantes, conectando os espaços locais em comunicação com a rede global.

O município de Campinas, sobretudo após a década de 1970, aumentou significativamente a diversidade de seu mercado de trabalho, da mão de obra qualificada disponível, a variedade dos serviços especializados, bem como a amplitude de seu tecido urbano (Bandoni, 2014). Em seu território e áreas do entorno metropolitano, se encontram algumas variáveis espaciais consideráveis (rodovias, aeroportos, agroindústrias, fábricas de bens de consumo leves e duráveis), que favoreceram o surgimento de notáveis institutos de pesquisa e ensino, com destaque para a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Essa universidade formou um amplo contingente de profissionais qualificados, estabelecendo

no local uma intensa dinâmica de inovações, consagrando o município, naquele instante, como um polo tecnológico especializado em telecomunicações, indústrias de equipamentos eletroeletrônicos, química refinada e pesquisas em física (Medeiros, 1990; Jóia; Selingardi-Sampaio, 1995; Baldoni, 2014).

A construção dos atributos econômicos de Campinas se alinharam à adição de elementos científicos, tecnológicos e inovadores em suas atividades produtivas. A presença de importantes centros de ensino superior e pesquisa, profissionais qualificados, segmentos industriais diversificados, sacramentou, na década de 1980, a importância e liderança do município como o mais profícuo no interior do estado (Jóia; Selingardi-Sampaio, 1995).

De acordo com as análises de Cano (1998), a competência de Campinas em consolidar atividades produtivas de alta tecnologia e inovação pode ser compreendida a partir das heranças do complexo cafeeiro paulista. As mudanças políticas, sociais e econômicas ocorridas no município ao longo das décadas moldaram-no como um destacado "espaço do saber", enriquecido por instituições públicas e privadas que promovem o avanço científico-tecnológico em várias áreas do conhecimento.

Essa habilidade, historicamente desenvolvida, permite que Campinas, na atual sociedade do conhecimento, atraia e desenvolva atividades intensivas em ciência, tecnologia e inovação, definindo-a como um "meio técnico-científico-informacional" (Santos, 2013). Assim, esses locais apresentam sistemas de objetos cada vez mais complexos, que operam na vanguarda tecnológica, a exemplo dos laboratórios situados no CNPEM.

É importante destacar que, no contexto da globalização, os sistemas de objetos tornam-se cada vez mais artificiais e estão em constante remodelação, influenciados pelos resultados das ações humanas (Santos, 1994, 2008). Assim, locais especializados na produção de características artificiais, como os antigos polos tecnológicos brasileiros, necessitam atualizar seus métodos de atuação. Isso se deve ao fato de que as atividades produtivas em alta tecnologia, inovação e produção científica não se desenvolvem mais da mesma forma que no passado. Ambientes inovadores devem evoluir continuamente, adaptando-se para incorporar novas exigências e necessidades requisitadas pelos seus *habitats* que, em virtude dos complexos fatores políticos, sociais e econômicos que envolvem sua organização, não são facilmente replicados em qualquer lugar.

O **objetivo geral** da pesquisa consistiu em relatar como o principal destaque científico do CNPEM, o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) — sede do acelerador de partículas Sirius — participa e estimula a interação da Hélice Tríplice universidade-indústria-governo no município de Campinas, por intermédio de suas pesquisas

de vanguarda em diversas áreas do conhecimento, consolidando-se, dessa maneira, como um importante *habitat* nesse Ecossistema de Inovação.

Em relação aos **objetivos específicos**, a pesquisa teve como intuito apresentar:

- ➢ Panorama histórico dos aceleradores de partículas no Brasil;

- ➢ Características elementares de um acelerador de partículas síncrotron e seu potencial estratégico no desenvolvimento científico-tecnológico nacional e sua contribuição global;

- ➢ Aspectos geográficos, processos e agentes responsáveis na organização do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), presente no município de Campinas (SP);

- ➢ O acelerador de partículas Sirius como um singular *habitat* concebido no Ecossistema de Inovação CNPEM, presente no município de Campinas (SP).

Em relação aos **procedimentos metodológicos** estabelecidos, seguimos uma ordem lógica no intuito de sustentar as abstrações empíricas-teóricas empregadas nesta pesquisa, seguindo o seguinte esquema:

- ➢ Levantamento bibliográfico amplo e específico sobre o processo histórico de formação da inovação em alta tecnologia no Brasil; o comportamento dos espaços inovadores; a origem das políticas científicas e tecnológicas do país, tanto no âmbito governamental, quanto no cenário universitário e empresarial; bem como sobre *Habitats* de Inovação e Ecossistemas de Inovação.

- ➢ Análise de documentos e artigos que relatam a formação institucional do CNPEM, tanto nos aspectos sociais, políticos, econômicos bem como nos administrativos-burocráticos;

- ➢ Realizou-se trabalhos de campo. O primeiro aconteceu na Escola Ricardo Rodrigues de Luz Síncrotron, circunstância em que foram realizadas atividades sob a supervisão dos profissionais que atuam nos laboratórios do CNPEM; o segundo se caracterizou em uma visita técnica, em que um dos membros da equipe de imprensa se

responsabilizou por mostrar todos os laboratórios (LNLS, LNBR, LNBio e LNNano), além de contextualizar a história de cada um deles e mencionar suas principais atribuições técnicas, científicas e tecnológicas;

➢ Foi elaborado previamente um questionário com perguntas abertas, direcionado para uma entrevista com o diretor geral do CNPEM — a fim de assimilar dados e informações específicas sobre os laboratórios do Centro.

A estrutura da dissertação foi organizada em introdução, desenvolvimento guiada por capítulos, bem como uma seção dedicada às considerações finais. No primeiro capítulo, encontra-se o embasamento teórico, composto pelos principais conceitos analisados em relação à tecnologia e à inovação, em que se discute as abordagens clássicas da inovação, fenômenos interdisciplinares e multifacetados, bem como as contribuições contemporâneas que mais estão em evidência. Ainda nesse capítulo estão delimitadas algumas características da inovação tecnológica no Brasil, haja vista que nosso país passou por um processo de industrialização tardio, dependente e associado aos ditames do capital estrangeiro, por isso, não realizamos um desenvolvimento industrial rapidamente compatível para assimilar a alta tecnologia e patentear inovações.

Ademais, o capítulo também apresentou alguns fundamentos teóricos sobre inovação: argumentos que relatam que novidades recém-criadas se caracterizam como "criações destrutivas"; inovações que se podem se comportar de maneira disruptiva; e/ou inovações que assumem um caráter "incremental". Em relação à disposição incremental, é possível salientar que ela acontece de maneira recorrente em países emergentes, sobretudo nos que possuem fragilidades nos índices de desenvolvimento científico-tecnológico, conduzindo-os a importar diversos produtos sofisticados (tais como microchips e componentes de tecnologias da informação e comunicação) de outras nações.

No segundo capítulo, foi apresentado o contexto espacial da pesquisa e as principais características históricas, econômicas, políticas e sociais que formaram o município de Campinas. Além disso, destacaram-se algumas especificidades geográficas demonstrando o porquê dele se caracterizar como um relevante centro urbano no contexto nacional. Nesta seção, há mapas da divisão administrativa do município, sua área metropolitana e seus limites territoriais. Com base nessas informações, é possível observar as condições que tornaram Campinas um local estratégico para o desenvolvimento industrial no interior de São Paulo, cuja ênfase atualmente está relacionada às atividades intensivas em tecnologia e inovação.

Diferentemente dos capítulos anteriores, na terceira seção do trabalho detalhamos como a comunidade científica e política do país se uniu com um objetivo mútuo de estabelecer centros de pesquisa de excelência por meio da criação de laboratórios nacionais — originando o primeiro deles, o Laboratório Nacional de Radiação Síncrotron que, depois, se converteu em Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). No capítulo indicamos que essas iniciativas, apesar do engajamento político e acadêmico pelo desenvolvimento científico breasileiro, não aconteceram sem objeções. Contudo, o propósito de alcançar autonomia e controle tecnológico foram os elementos que geraram a coalização política dos interesses, inclusive, na escolha definitiva do município de Campinas como o local para abrigar os projetos relacionados à construção de um centro de pesquisa especializado em utilizar as aplicações da radiação do tipo síncrotron.

O quarto capítulo, destaca os principais eventos históricos que culminaram na inauguração do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e no início das operações do acelerador de partículas UVX. Este capítulo detalha de maneira minuciosa as etapas que levaram à implementação dessa importante infraestrutura científica no Brasil, incluindo os desafios enfrentados e as soluções adotadas para superá-los.

Em complemento, o quinto capítulo aborda a reformulação interna do LNLS, tanto no aspecto técnico como administrativo. Tecnicamente, os pesquisadores se empenharam em aprimorar os componentes do acelerador para aumentar sua eficiência e capacidade tecnológica. Administrativamente, buscou-se uma reforma que concedesse ao laboratório maior autonomia na tomada de decisões, situação que incluiu a liberdade de escolher pesquisadores, fornecedores e a própria organização interna para abrir licitações públicas para serviços especializados, dentro dos limites estabelecidos pelas leis e regulamentos do Estado. Por fim, também há detalhes sobre a reestruturação dos laboratórios e sua renomeação para Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), assim como as iniciativas e contribuições de empresas nacionais na construção do novo acelerador de partículas de 4ª geração, o avançado Sirius — a mais complexa infraestrutura tecnológica já desenvolvida pela ciência brasileira.

A escolha de estruturar desta maneira a dissertação foi fundamental para ilustrar a precisamente a complexidade e a importância do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) como um *habitat* de inovação que atua dentro do Ecossistema de Inovação do município de Campinas. Assim sendo, a escolha por segmentar o trabalho em introdução, capítulos de desenvolvimento, seguido de considerações finais, visou não somente atingir clareza, mas também enfatizar o CNPEM e sua capacidade de promover

desenvolvimento científico-tecnológico para o país, sendo reconhecido mundialmente pela qualidade de suas pesquisas, descobertas científicas, produções e inovações.

CAPÍTULO 1 — EMBASAMENTO TEÓRICO

1.1 A INOVAÇÃO EM FOCO: CRIAÇÃO DESTRUTIVA, INOVAÇÃO DISRUPTIVA E INOVAÇÃO INCREMENTAL

A inovação, frequentemente considerada como um catalisador do desenvolvimento econômico e social, é uma área de estudo que atrai uma vasta gama de disciplinas, dos mais distintos campos do conhecimento. Segundo Tidd, Bressant e Pavitt (2005), a inovação é mais do que uma mera invenção; ela é a implementação de novos produtos, processos ou modelos de negócios resultando em melhorias significativas e, em última instância, gerando valores para as partes interessadas. Este aspecto da geração de valor é fundamental para elevar a inovação além do mero exercício técnico ou científico, para situá-la como um vetor de transformações qualitativas em empresas e para a sociedade.

Esta visão da inovação como um fenômeno multidimensional é sustentada por estudos que a colocam em um contexto mais amplo, considerando os fatores tais como a cultura organizacional, os ecossistemas de inovação e as políticas públicas (Porter; Stern, 2001). Ao mesmo tempo, essa complexidade inerente ao fenômeno da inovação o torna um campo de estudo interdisciplinar e multifacetado. Assim, consoante a esse entendimento Tidd, Bressant e Pavitt (2005) reafirmam que a inovação não pode ser reduzida para uma única dimensão, mas deve ser interpretada como uma interseção de elementos tecnológicos, organizacionais, institucionais e sociais.

O fenômeno da inovação, em seu núcleo, envolve uma série de transformações que afetam não apenas os produtos e serviços em si, mas também a estrutura dos mercados e até mesmo a configuração da economia global. Schumpeter (2017) foi um dos primeiros a teorizar essa dinâmica com seu conceito de “destruição criativa”. Conforme o autor, a inovação se compara como uma força da natureza dentro do capitalismo, estabelecendo e eliminando o antigo, além de criar condições para o novo.

A interpretação clássica sobre a inovação tecnológica, abriu espaço para que novos conceitos fossem inseridos, como a “inovação disruptiva”, sugerindo que nem todas as inovações são igualmente “destrutivas” (Christensen, 2013). O autor argumenta que o processo inovador distingue entre inovações que melhoram produtos existentes de maneira incremental e aquelas que, embora inicialmente inferiores, assumem o potencial de transformar completamente os mercados.

Em comum, ambos descrevem o fenômeno da propagação das “ondas de inovação”, que se diz respeito aos ciclos de crescimento e estagnação alimentados pela introdução de novas tecnologias e modelos de negócios (Schumpeter, 2017; Christensen, 2013). Compreender essas ondas permite observar como a inovação se desdobra ao longo do tempo, atuando como uma força motriz em ciclos econômicos de longo prazo.

A situação de dependência tecnológica dos países em desenvolvimento pode ser interpretada à luz da posição que ocupam nessas ondas de inovação. Nos momentos de auge inovativo, as nações desenvolvidas, liderando em pesquisa e desenvolvimento, vivenciam um crescimento econômico substancial e introduzem inovações revolucionárias (Arend, 2012). Contudo, à medida que o ciclo progride para sua fase decrescente, a tecnologia se estabiliza, tornando-se amplamente acessível.

Nesse contexto, é possível reiterar que países em desenvolvimento não participaram ativamente desse estágio inicial devido às restrições de recursos em infraestrutura e capacidade de pesquisa, ciência e tecnologia, por isso, assimilam e adotam as tecnologias já maturadas (Martins, 2013). Tal adoção, embora represente um avanço comparado às capacidades tecnológicas locais preexistentes, perpetua uma relação de dependência tecnológica, visto que esses países frequentemente assimilam inovações anteriores, enquanto nações desenvolvidas avançam para uma nova etapa de onda de inovação (Arend, 2012).

Dessa maneira, essa prática geralmente coincide com períodos em que os ciclos de inovação nos países avançados estão em fase de declínio (Martins, 2013). Por esse motivo, pode-se argumentar que os países com menor grau de sofisticação produtiva e capacidade de inovação própria tendem a absorver e adaptar experiências tecnológicas provenientes de países ricos. Este processo visa atender às exigências específicas de seus contextos nacionais, permitindo-lhes sustentar o desenvolvimento e atender às necessidades locais de maneira eficaz.

Enquanto as ondas propostas por Schumpeter (2017) destacam ciclos longos de inovação disruptiva liderados por países desenvolvidos, a inovação incremental foca no aprimoramento contínuo de produtos, serviços ou processos existentes. Nos países em desenvolvimento, a inovação incremental surge como uma estratégia adaptativa frente à incapacidade de competir na vanguarda da inovação disruptiva (Arend, 2012).

Essa abordagem permite que tais países explorem as tecnologias já estabelecidas, adaptando-as às suas necessidades específicas e melhorando gradualmente sua base tecnológica e produtiva (Martins, 2013). Assim, a inovação incremental nos países em desenvolvimento pode ser vista como uma resposta pragmática, embora não adequada, à

dinâmica imposta pelos ciclos de inovação, buscando otimizar recursos em um cenário limitado, a fim de reduzir as disparidades tecnológicas.

A produção de biocombustíveis no Brasil, com destaque para o consumo expressivo de etanol, representa um exemplo de inovação disruptiva no campo da energia renovável em países em desenvolvimento. A fabricação de motores flex e a implementação de novas técnicas de manejo agrícola revolucionaram o setor, reduzindo drasticamente a importação de petróleo, mitigando, consequentemente, impactos ambientais. Além disso, iniciativas provenientes de empresas nacionais como a Embrapa, transformaram a agricultura brasileira por meio de tecnologias de engenharia genética e da adaptação de culturas, demonstrando o papel fundamental da inovação disruptiva na construção de uma economia sustentável e mais independente. Esse cenário reforça a importância de soluções tecnológicas pioneiras para o progresso energético e econômico do Brasil.

Entretanto, essa proliferação de conceitos e abordagens distintas sobre o tema "inovação", promoveu ambiguidades e confusões no campo acadêmico e empresarial. Neste cenário complexo, o Manual de Oslo surgiu como ferramenta normativa que propôs estabelecer métodos de estudo e índices que mensuram a inovação. Publicado inicialmente em 1992, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a prerrogativa do manual foi uniformizar as terminologias e definir parâmetros de avaliação, contribuindo para a integridade e o rigor dos estudos em inovação.

Conforme o Manual de Oslo (2005, p.44) há 7 atributos fundamentais que caracterizam as práticas inovadoras empregadas por organizações para criar ou adquirir inovações, incluindo atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D):

> 1. A empresa pode engajar-se em pesquisa básica ou aplicada para adquirir novos conhecimentos e em pesquisas diretas em busca de invenções específicas ou modificações de técnicas já existentes;
> 2. A empresa pode desenvolver novos conceitos de produtos ou processos ou outros métodos novos para estimar se eles são factíveis e viáveis, um estágio que pode compreender: a) desenvolvimento e teste; e b) pesquisas adicionais para modificar desenhos ou funções técnicas;
> 3. A empresa pode identificar novos conceitos para produtos, processos, métodos de marketing ou mudanças organizacionais: a) via marketing e relações com os usuários; b) via identificação de oportunidades para comercialização, resultante seja de sua própria pesquisa básica ou estratégica, seja da pesquisa realizada por outras empresas; c) via suas capacidades de concepção e desenvolvimento de produtos; d) pela utilização de consultores;
> 4. A empresa pode comprar informações técnicas, pagando taxas ou royalties por invenções patenteadas (que normalmente exigem trabalho de pesquisa e desenvolvimento para adaptar e modificar a invenção de acordo com suas

> próprias necessidades), ou comprar experiência e *know-how* por meio de engenharia, design ou outros serviços de consultoria; as habilidades humanas podem ser desenvolvidas (por meio de treinamento interno) ou compradas (pela contratação); o aprendizado tácito e informal — "*learning by doing*" — pode também estar incluído;
> 5. A empresa pode investir em equipamentos, *softwares* ou insumos intermediários que incorporam o trabalho inovador de outros;
> 6. Ela pode reorganizar os sistemas de gerenciamento e todas as suas atividades de negócios;
> 7. Ela pode desenvolver novos métodos de marketing e vender seus produtos e serviços.

A inovação desempenha papel fundamental na cíclica transformação material e imaterial da sociedade e seus comandos atuam como ferramenta de ordem econômica e social que engendra a renovação tanto no escopo dos processos como dos produtos. O processo do inovar pode ser abstraído como uma prática de criar algo novo, de funções atrativas, um tipo de motivação (ação) coletiva ou individual que visa aprimorar, aperfeiçoar ou promover uma novidade de impacto na sociedade. Nessa definição, cabe salientar que existem diferentes meios e tipos de inovação, que consequentemente, também configuram em resultados distintos, que nem sempre são imediatamente incorporados no cotidiano (Pinto, 2012).

A inovação não se limita à produção de mercadorias propriamente dita, ela também intervém nas estratégias organizacionais — sendo regularmente empregada no escopo empresarial a fim de promover competitividade. Dessa maneira, faz-se mister destacar que a inovação tende a se manifestar em 4 agrupamentos principais: em produtos, em processos, no escopo organizacional e em *marketing* (Manual de Oslo, 2005).

Bignetti (2011) e Pinto (2012) em seus estudos sobre a inovação ressaltam que ela passa por um processo de desenvolvimento e estabilização, em que cada estágio consuma suas próprias particularidades. Mediante esse fato, é possível destacar que há diferenças entre as tipologias envolvendo a inovação, visto que nem todas trazem a reboque imediatamente à criação de novos produtos repletos de informação e conhecimento, mas sim de novidades que correspondem apenas em adaptações técnicas.

Em relação ao conceito da inovação, seguindo a linha de raciocínio schumpeteriana e neoschumpeteriana, é possível notar algumas diferenças entre o pressuposto do valor e das suas contribuições sociais; dessa maneira, se admite que o alicerce primário da inovação envolve, principalmente, "geração, adoção, implementação e incorporação de novas ideias, práticas ou artefatos dentro de uma organização" (Bignetti, 2011, p. 5). O autor conclui sublinhando que a inovação também pode ser aplicada na criação de novos serviços, trazendo

consigo melhorias significativas no âmbito administrativo, nas estratégias comerciais e de competitividade.

Pinto (2012), por sua vez, indica que a inovação se comporta como uma condição *sine qua non*, um tipo de evolução materializada por meio das invenções que irrompem da criatividade humana. No argumento do autor, ela se apresenta como novidade associada à criatividade de uma pessoa ou determinado grupo, qual pode ser empregado imediatamente ou não para suprir algumas de suas necessidades:

> A criatividade e a inventividade humanas podem levar ao desenvolvimento de novos dispositivos que não tenham uma aplicação imediata, nem que tenham sido concebidos para solucionar algum problema identificado. De posse do dispositivo, são buscados usos ou aplicações para ele. Essa interação entre necessidade e inventividade ocorre nos dois sentidos, complementando-se um ao outro enquanto transformam nossa forma de viver (Pinto, 2012, p. 25).

O autor sugere que a inovação tecnológica não é apenas resultado de uma demanda social, mas também de uma expressão criativa. Os inventores podem criar dispositivos sem um propósito definido, mas que posteriormente podem ser adaptados para diferentes finalidades, como o exemplo histórico do fonógrafo — uma invenção que usou o princípio do primeiro telefone para ser readaptado e usual (Pinto, 2012). Essa dinâmica entre necessidade e inventividade é bidirecional e se retroalimentam, gerando novas possibilidades e transformações na sociedade. Assim, as inovações não devem ser consideradas apenas como uma ferramenta, mas também como fenômeno artístico e cultural de grupos e indivíduos.

Segundo Bignetti (2011) às inovações também podem admitir interpretações mais complexas e abrangentes que ultrapassam o limiar da criatividade. O autor defende que na estrutura elementar da inovação se revelam alguns aspectos vinculados principalmente ao valor — que, na lógica recente do sistema capitalista, podem ser traduzidos como a qualidade e quantidade de conhecimento e informação inseridos em determinados objetos.

Complementando, Bignetti (2011, p. 7) ressalta que “a questão do valor aparece como essencial nessa distinção”, ou seja, a inovação tecnológica trata-se justamente “da apropriação de valor”; essas prerrogativas também atuam para buscar “vantagens competitivas centradas no desenvolvimento e crescimento das empresas”. Dessa maneira, fomentam “altos investimentos em P&D que são destinados a gerar inovações radicais e a promover o desenvolvimento de processos e produtos que visam a estratégias de diferenciação no mercado” (Bignetti, 2011, p. 7).

O emprego do termo alta tecnologia consegue descrever uma uma série de atividades produtivas que envolvem processos complexos e sofisticados, baseados no conhecimento e na informação. É importante salientar que, de maneira elementar, a alta tecnologia não prospera em lugares que não ofereçam condições locacionais satisfatórias e suporte técnico necessário. Lugares que possuem instituições de ensino, serviços especializados públicos e privados, centros de pesquisas, laboratórios e incubadoras, geralmente, favorecem atividades intensivas em produtos *high tech*.

Por muito tempo, os assuntos referentes à inovação se concentraram no campo acadêmico da economia e da administração de empresas, aliados, principalmente, na organização de processos gerenciais (Taylor, 1990; Drucker, 1997, 2011). Contudo, durante a década de 1980, a Geografia se inseriu no debate sobre os efeitos acerca da difusão científica e tecnológica, baseada nas singularidades da globalização, a fim de compreender as implicações organizacionais-produtivas e seus desdobramentos políticos e sociais no espaço geográfico, formando o arcabouço teórico da Geografia da Inovação (Tunes, 2021).

Esta nova vertente investiga como a localização geográfica, a densidade de instituições de conhecimento e as redes de colaboração impactam o ecossistema inovador, adicionando assim uma camada adicional de complexidade e relevância ao estudo da inovação (Asheim; Gertler, 2006; Vale, 2009, 2012; Silva; Egler, 2004; Tunes, 2021).

Portanto, a inovação começou a se pulverizar e ganhar notabilidade na geografia durante a década de 1970, especialmente com o advento da economia do conhecimento e da globalização (Asheim; Gertler, 2005; Vale, 2009). A inovação, neste momento, não aconteceu isoladamente ou desvinculada do espaço, muito pelo contrário, se afetou pela localização geográfica e pela proximidade a outras entidades inovadoras, como empresas, universidades e institutos de pesquisa.

> É impossível dissociar a emergência da economia do conhecimento do processo de globalização. Assiste-se ao aumento da intensidade dos fluxos de bens, informação, capital e pessoas, em resultado da evolução tecnológica das redes de transporte e de comunicação (internet), bem como da ação política exercida por um conjunto de instituições supranacionais na remoção das barreiras ao comércio externo e à livre circulação de capitais (Vale, 2009, p. 11).

O fenômeno da globalização, tornou-se expressivo na década de 1970, caracterizando uma profunda transformação nas relações globais, envolvendo uma aceleração na circulação de bens, serviços, informações e pessoas entre as fronteiras nacionais (Castells, 1999; Santos,

1994). Este fenômeno não apenas impulsionou mutações econômicas, mas também redefiniu estruturas sociais e estabeleceu novas relações políticas, indicando que as mudanças instituídas possuem uma intencionalidade bem definida, apesar de sua natureza complexa e multifacetada.

Castells (1999) relata que a estrutura emergente da sociedade está organizada em redes, que se movimentam mediante a densidade tecnológica e da informação. O autor afirma que "a sociedade em rede é uma sociedade construída em torno de fluxos" (Castells, 1999, p. 469), implicando a descentralização e interconexão em múltiplas dimensões: social, política e econômica.

No entanto, é crucial observar que estas redes não surgem de maneira uniforme em todos os lugares; há uma seleção de espaços que se tornam nodos dessas redes globais. Essa seletividade espacial contribui para uma desigualdade geográfica na distribuição dos benefícios e desafios da globalização (Santos, 1994; Castells, 1996). É possível destacar que, embora os autores assimilem premissas e algumas interpretações distintas da realidade, descrevem mutuamente sobre aspectos relacionados diretamente com a interconexão dos lugares pelas redes de informação, fenômeno que reconfigurou as relações espaciais e sociais de forma complexa e paradoxal.

A criação do Vale do Silício, durante a década de 1950, desdobrou-se em uma evidente ilustração dos princípios geográficos que compõem a inovação no contexto da globalização. A região destacou-se por abrigar universidades renomadas e proeminentes, as quais disponibilizavam talento e pesquisa de alta qualidade (Tunes, 2021). No entanto, deve-se sublinhar a participação governamental dos congressistas dos Estados Unidos nesse período, pois eles motivaram e estabeleceram contratos empresariais visando à produção de equipamentos de defesa com elevada sofisticação tecnológica bélico-militar — na vanguarda das inovações norte-americanas (Etzkowitz, 2009).

A proximidade geográfica das empresas facilitou um capital social protegido, promovendo a troca de ideias e acelerando a inovação. Contrapondo-se à ideia de que a inovação pode ocorrer em qualquer lugar na era da globalização, o Vale do Silício demonstra que a seleção dos espaços acontecem e que são elementos cruciais (Santos, 1994; Castells, 1999; Etzkowitz, 2009).

As aglomerações industriais motivaram pesquisadores a desenvolverem estudos sobre problemáticas voltadas para a compreensão do comportamento do espaço geográfico e a formação dos ecossistemas de inovação organizados de maneira aglutinada (Porter, 1998). A necessidade de entender os mecanismos espaciais subjacentes à inovação ganhou destaque

com a ascensão desses *clusters* tecnológicos que não apenas concentram talento e capital, mas também representam locais específicos onde a inovação aflora, haja vista que ela não tem capacidade de se organizar em qualquer lugar do território, assim, se faz necessário que existam estudos concentrados na Geografia da Inovação (Vale, 2009, 2012; Tunes, 2021; Silva; Egler, 2004).

Segundo Asheim, Boschma e Cooke (2011), a Geografia da Inovação se destaca por sua interdisciplinaridade, cruzando fronteiras disciplinares para incorporar conceitos da economia, sociologia, e planejamento urbano e regional. Este caráter multifacetado é complementado pelo reconhecimento de que a inovação é influenciada em várias escalas geográficas, desde contextos locais até influências globais.

Nas reflexões elaboradas por Tunes (2021) acerca da Geografia da Inovação, emerge uma perspectiva que transcende a compreensão tradicional do espaço, anteriormente concebido meramente como palco para a realização de atividades inovadoras. Essa abordagem concorda com uma reconfiguração conceitual das ações no espaço geográfico, na qual ele deve assumir uma dimensão mais complexa e dinâmica, subvertendo a noção convencional que o relega à passividade. Dessa maneira, seguindo a análise da autora, o espaço não apenas hospeda com indiferença, mas também se engaja por meio de fenômenos de trocas simbióticas com os processos de inovação.

Portanto, o ambiente inovador transcende a ideia de um receptáculo estático, posicionando-se como um componente vital e dinâmico, intrinsecamente ligado à formação e à evolução do meio geográfico que consumam os ecossistemas de inovação. Esta visão ampliada oferece um novo prisma por meio do qual podemos compreender a intrincada relação entre espaço e inovação, enfatizando a importância de considerar o contexto da geografia como um ator essencial no rebento da inovação.

As características da inovação na situação produtiva brasileira assume um caráter incremental, ou seja, ela acontece por intermédio de uma série de adaptações técnicas e tecnológicas aplicadas aos processos e produtos já estabelecidos no mercado. Contudo, mesmo que de maneira tímida, o país detém, sim, núcleos de desenvolvimento científico-tecnológico, sobretudo, associado aos centros de pesquisa mantidos pelo aparelho estatal.

É possível anunciar brevemente apenas algumas instituições públicas na vanguarda de investigações científicas, especializadas em suas áreas de atuação: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais),

CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais), LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica).

Entretanto, essas instituições atuam predominantemente com inovações do tipo incremental, condição que pode ser atribuída a uma combinação de fatores econômicos, estruturais e culturais do nosso país. Historicamente, os índices de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são exíguos, restringindo a oportunidade e capacidade das instituições científicas de realizarem inovações disruptivas, por não terem acesso aos recursos necessários. Outro fator que possibilita explicar, corresponde a situação do sistema educacional e as políticas de inovação que tendem a favorecer apenas melhorias incrementais em produtos e processos existentes, ao invés de promover bruscas rupturas tecnológicas.

Tunes (2021) relata que espaços geográficos específicos, sejam eles tecnológicos, centros acadêmicos de pesquisa ou distritos industriais, possuem a capacidade de catalisar e, de certa maneira, propagar inovações nas suas intermediações. Os lugares no território brasileiro que mais desenvolvem a inovação, seja de maneira disruptiva ou incremental, estão intrinsecamente ligados à quantidade de investimentos que recebem de repasses do governo federal e convênios firmados com instituições privadas. Portanto, um espaço equipado de características materiais e simbólicas, atuam como um condutor estratégico que facilita e potencializa dinâmicas de colaboração, competição e, finalmente, de inovação em si.

No contexto brasileiro, as atividades que propagam inovações se concentram, majoritariamente, na produção de pesquisas realizadas em universidades e em instituições de pesquisa financiadas fortemente pelo governo.

> É fato que a maior parte das pesquisas de geografia da inovação atribuem pouca importância à atuação do Estado no processo de aprendizagem e inovação, sobretudo as pesquisas originadas nos países europeus e nos EUA. A abordagem pouco frequente do Estado pode ser explicada, na maior parte dos casos, pela dinâmica econômica diferenciada do sistema capitalista desses países em relação ao Brasil. No Brasil a atuação do Estado é fundamental para compreender a dinâmica econômica contemporânea, pois há uma forte centralização dos direcionamentos da economia nacional no Estado. Situação esta que não é tão fortemente presente nos demais países citados (Tunes, 2021, p. 118).

O governo brasileiro, sempre desempenhou intensa mediação nas políticas de desenvolvimento científico e tecnológico, mesmo que de maneira insuficiente para suprir todas as demandas nacionais. Em termos de investimentos em ciência, educação e pesquisa, o governo possui, por exemplo, instituições federais que subsidiam essas áreas como o CNPq

(Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), criadas nos anos de 1951 e 1967, respectivamente.

Segundo Tunes (2021, p. 120), os investimentos no segmento de tecnologia e inovação no contexto brasileiro, envolve uma atuação significativa do governo federal:

> Especialmente para a análise que estamos realizando, da dimensão territorial da inovação, a análise da atuação do Estado se torna ainda mais importante no Brasil. Isso por dois principais motivos: primeiro, no Brasil a atuação do Estado na dinâmica da economia do conhecimento é muito significativo, seja como investidor direto através de empresas públicas ou como financiador dos projetos de inovação de capital privado; segundo, o Estado tem uma contribuição muito importante na questão locacional da produção inovadora através do estabelecimento de relações de interação e cooperação com as empresas de forma extremamente concentrada em São Paulo. Como um esforço de síntese, podemos afirmar que no Brasil as relações estabelecidas entre Estado e capital inovador revelam uma alta dependência do capital em relação à atuação e promoção do Estado nos processos de aprendizagem e inovação.

Contudo, é importante sublinhar que apesar do governo brasileiro atuar notavelmente para desenvolver políticas visando estimular a ciência, tecnologia e inovação, sendo o principal articulador, isso não significa que ele esteja plenamente preparado para satisfazer todas as demandas necessárias.

> Indiscutível, portanto, a importância do Estado nas atividades inovadoras, incluindo nessa constatação o Brasil. Dizer que o Estado é importante não é a mesma coisa que afirmar que o Estado brasileiro é capaz de promover grande dinamismo da atividade inovadora no país. Parcela significativa das pesquisas e trabalhos que procuram estabelecer uma correlação entre as políticas públicas e o atual estágio das atividades inovadoras no Brasil partem de uma crítica dura às atuais políticas, inclusive afirmando, em alguns casos, a falta de eficácia delas (Tunes, 2021, p. 121).

Com base na análise de Tunes (2021), fica evidente que o contexto brasileiro se depara com desafios em relação à geografia da inovação. Dada a capacidade incontestável da inovação de estimular crescimento econômico, aprimorar mecanismos institucionais para fomentá-la é primordial, especialmente em países em fase de desenvolvimento socioeconômico, assim como se caracteriza o Brasil. Contudo, a despeito dessa profusão de subsídios e do potencial endógeno, o país enfrenta obstáculos estruturais e regionais que limitam a eficácia das políticas públicas destinadas à promoção da inovação.

Segundo Tunes (2021), um dos desafios mais expressivos no contexto brasileiro concerne à concentração geográfica da inovação. Tais atividades inovadoras tendem a se

localizar em centros urbanos desenvolvidos, como São Paulo e Rio de Janeiro. Esses núcleos são categorizados por Santos (1996, p. 73) como “espaços luminosos”, definidos como locais em que a aplicação intensiva de técnicas modernas engendraram um desenvolvimento mais complexo e sofisticado nos índices de ciência, tecnologia e inovação.

A concentração de atividades inovadoras em específicas localidades brasileiras tem uma contrapartida negativa: enquanto certas regiões experimentam crescimento, outras são excluídas do dinamismo inovador. Essa convergência nos mesmos lugares não limitam somente a propagação das inovações, mas também exacerbam as disparidades regionais. A interpretação dessas dicotomias podem ser observadas nas contribuições de Santos (1996, p.73), que refere a tais regiões marginalizadas como “pontos opacos de fluxo lento”, marcados por uma deficiência técnica e informacional.

Os “espaços luminosos de fluxo rápido” identificados por Santos (1996) na Região Sudeste do Brasil refletem, por um lado, o ápice do desenvolvimento técnico-científico e da inovação, traduzido em infraestruturas de pesquisa de ponta, indústrias de tecnologia avançada e instituições acadêmicas de excelência. Contudo, esse mesmo avanço sinaliza e intensifica desigualdades regionais no país, passíveis de serem interpretadas por duas perspectivas de avaliação espacial.

Primeiramente, a concentração geográfica de “espaços luminosos”, repletos de investimentos, introduz em outros lugares um cenário que retrata, visivelmente, inúmeros desequilíbrios socioespaciais. Desse modo, outras regiões carentes de infraestrutura e capital humano especializado, ficam à margem do desenvolvimento, perpetuando um ciclo de estagnação econômica e limitações no acesso às oportunidades como, por exemplo, a educação básica e superior e empregos de qualidade.

Em segundo lugar, essas disparidades contribuem para um fluxo migratório interno, em que indivíduos das regiões menos desenvolvidas deslocam-se em busca das oportunidades concentradas no Sudeste, exacerbando os problemas urbanos nas metrópoles já saturadas e ampliando o hiato socioeconômico entre os lugares, refletindo em uma distribuição desigual associada de riquezas e oportunidades no território brasileiro.

1.2 ASPECTOS TECNOLÓGICOS E INOVATIVOS NO CONTEXTO BRASILEIRO: UM PAÍS DE INDUSTRIALIZAÇÃO TARDIA

A Terceira Revolução Industrial teve início na década de 1960, marcada pelo surgimento de dispositivos digitais, semicondutores, modernos sistemas de comunicação e

computadores sofisticados. Esses avanços científicos e tecnológicos possibilitaram a criação e a difusão dos computadores, anteriormente usados para assessorarem estratégias militares, que, progressivamente, foram sendo popularizadas no limiar da década de 1980 e 1990, com o advento da navegação em rede mediante o acesso global à *internet* (Schwab, 2016; Castells, 1999).

Alguns países já experientes nas condições de transição entre as revoluções industriais anteriores, se prepararam novamente para transpor os limites dos modelos técnicos e atingirem a maturidade produtiva da Terceira Revolução, especializada em inovações e mercadorias de alta complexidade (Schwab, 2014). Em contraste a referida situação, o Brasil ainda enfrentava desafios para se adaptar plenamente às demandas da Segunda Revolução Industrial, com esse processo estendendo-se até meados do século XX, especificamente até a década de 1950.

Dessa maneira, o cenário produtivo e econômico brasileiro apresentava características históricas distintas das nações que lideravam as transformações requeridas pela terceira revolução industrial. O Brasil foi amplamente dependente de tecnologias externas devido sua industrialização tardia — condição que reprimiu naquele momento qualquer jornada rumo a um desenvolvimento científico e tecnológico independente.

Conforme Tavares (1982) a concepção de industrialização tardia corresponde a característica produtiva retardatária de países periféricos[1], que se distinguem das nações posicionadas no centro do capitalismo, os quais assumem expressivos índices industriais, técnicos e tecnológicos. A autora argumenta que, mesmo com inúmeras ressalvas estruturais, a industrialização brasileira começou somente quando políticas de substituição de exportações foram adotadas na metade do século XX. No entanto, a progressiva abertura comercial e internacionalização da economia nacional, voltou o país à condição de subordinação tecnológica estrangeira e posição de submissão na economia global.

Além das consequências políticas e econômicas relacionadas à industrialização tardia houve, também, desfechos negativos no sentido socioeconômico, mediante: a concentração de renda, disparidades nos investimentos regionais e desigualdades sociais (Tavares, 1982). É possível elencar que a condição subalterna impactou diretamente o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, nos tornando dependentes. Cabe ainda destacar, que nossa

[1] Nesse caso, corresponde a países periféricos que devido suas características políticas, econômicas e sociais não conseguiram acompanhar os ritmos da industrialização realizada pelos países ricos. Na situação brasileira, por exemplo, faz-se mister salientar que há uma série de contextos históricos e peculiaridades da nossa formação econômica que ajudam a explicar o atraso e dependência, pautado, sobretudo, no ínterim da especialização produtiva agrícola com fins de exportação — sistema dificilmente questionado, pois era mediante a ele que se forjava a manutenção do *status quo* das elites e oligarquias nacionais.

condição retardatária não estabeleceu somente uma trágica dependência tecnológica, mas também a subalternidade financeira frente aos países que exercem eminente liderança global.

Os parâmetros da política externa brasileira passaram por um momento de internacionalização na década de 1950, conduzindo a economia a elevadas taxas de importação de produtos. Embora os objetivos governamentais do período pretendessem a redução da dependência externa em alguns setores da economia, na verdade, sucedeu o contrário, houve o aumento dela (Tavares, 1982).

A indústria nacional naquele instante não possuía autonomia produtiva capaz de materializar objetos de tecnologia avançada, o grau de sofisticação era reduzido, focado, sobretudo, na produção de bens de consumo leves e duráveis, bem como alguns bens intermediários que, em outros países, já estavam consagrados (Canuto, 1993; Coutinho, 1996). Essa realidade foi o resultado da aceleração do processo de substituição de importações, cuja estratégia industrial vinculou-se na atração de investimentos diretos de empresas estrangeiras, visando que elas desempenhassem atividades produtivas intensivas em capital.

"Ao longo do processo de substituição de importações, a incorporação e difusão de tecnologias mais modernas ocorreu mediante a constante busca de tecnologias estrangeiras, por parte de um número relativamente reduzido de empresas líderes" (Coutinho, 1996, p. 61).

O argumento de Coutinho (1996) indica que a modernização tecnológica da indústria brasileira foi conduzida por um conjunto seleto de empresas que procuraram tecnologias estrangeiras visando modernizar e aperfeiçoar suas atividades produtivas, sobretudo, adquirindo bens de capital. Outra interpretação possível, em relação a afirmação do autor sobre o "reduzido número de empresas", pode ser estendida para as recém-chegadas marcas multinacionais do ramo automobilístico daquele período.

Durante a década de 1950 e 1960 muitas corporações industriais dos países centrais foram implantadas em diversos lugares, principalmente, naqueles reconhecidos pela industrialização tardia e um histórico de dependência tecnológica (Canuto, 1993). A notável expansão das unidades produtivas não foi somente a premência da globalização econômica, mas também um reflexo das estratégias corporativas de maximização dos lucros sem precisar transferir tecnologia (Canuto, 1993; Suzigan, 2000). Um exemplo está na ausência *in loco* de instalações dedicadas à pesquisa e desenvolvimento (P&D) dessas empresas nos países periféricos.

Reconhecendo a necessidade de avançar tecnologicamente, foi que o Brasil fundou suas próprias instituições de pesquisa e desenvolvimento, aliados fortemente às instituições de

ensino superior e toda sua estrutura, a fim de conduzir as políticas em ciência e tecnologia nos anos seguintes. Entre as décadas de 1950 e 1960, foram criados os órgãos como: o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior); a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e o FNDCT (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Todas essas instituições foram organizadas visando promover a inovação nacional, bem como fortalecer a capacidade científica e tecnológica autônoma do país.

Suzigan e Furtado (2010) relataram que as décadas de 1970 e 1980 reservaram ao contexto brasileiro uma concisa intervenção estatal de emparelhamento e planejamento econômico. Nessa condição de forte presença do Estado, foram criados diversos organismos voltados para a ciência e tecnologia, com destaque para o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações) da Telebras — uma empresa estatal de telecomunicações competitiva e tecnológica (Canuto, 1996).

Na década de 1980, observou-se um marco significativo com a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) no Brasil. Esta instituição emergiu como uma resposta efetiva às exigências da comunidade científica e acadêmica por um planejamento estratégico mais robusto no âmbito do desenvolvimento científico e tecnológico nacional. O MCT foi estabelecido com o objetivo de estimular e financiar políticas de Estado focadas em inovação.

No final da década de 1980 e início da década de 1990, um período marcado por instabilidades econômicas e políticas, testemunhou-se a inauguração do acelerador de partículas UVX no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) - uma obra inédita descrita como a mais complexa e sofisticada envolvendo produção de inovação disruptiva no cenário brasileiro. As atividades de investigação realizadas no LNLS distinguem-se por sua atuação na vanguarda do conhecimento científico, oferecendo contribuições substanciais para o progresso da ciência e da tecnologia no Brasil.

A inauguração deste laboratório não simboliza apenas o avanço significativo das infraestruturas de pesquisa no país, mas também reflete o compromisso nacional com o desenvolvimento científico e tecnológico. Assim, a operacionalização do acelerador de partículas UVX no LNLS representa um esforço notável na ampliação das capacidades de pesquisa e inovação brasileira, posicionando-o como um participante ativo e independente que atua de maneira dinâmica, inclusive, no cenário científico internacional.

Por meio das instituições públicas voltadas para o estímulo da ciência e tecnologia, o Brasil conseguiu, ainda que parcialmente, mitigar sua dependência tecnológica. O Sirius, um dos aceleradores de partículas mais sofisticados do mundo e um marco no Hemisfério Sul

(CNPEM, 2014), exemplifica tal progresso, destacando o potencial brasileiro em pesquisa e inovação. No entanto, persistem desafios significativos, especialmente na valorização e disseminação científica, além da gestão eficiente dos investimentos públicos em inovação. Tais aspectos críticos demandam atenção para otimizar o impacto dos recursos na ciência e tecnologia, promovendo o desenvolvimento contínuo do país.

1.3 O MOVIMENTO DAS HÉLICES COMO PROPULSÃO PARA A INOVAÇÃO

A abordagem proposta por Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 1998a, 1998b, 2000) ressalta que a universidade consegue estabelecer relações profundas com empresas e governos, visando conceber e disseminar o conhecimento para promover inovações tecnológicas e o desenvolvimento econômico. Nessa proposta, o conceito de inovação envolve um processo complexo e dinâmico que opera em um ciclo contínuo, formando um movimento baseado na ilustração de um espiral.

A interação entre a universidade-indústria-governo organizou os primeiros argumentos teóricos do conceito de "Hélice Tríplice", fundando um novo sistema de compreensão sobre o processo de desenvolvimento científico, tecnológico e das inovações. O conceito adquire forma a partir do momento em que cada componente da hélice estabelece entre si um relacionamento recíproco (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995, 1998a, 1998b; Etzkowitz, 2009).

Contudo, a configuração desses 3 elementos nem sempre estiveram em plena interação. Até chegar na possibilidade de estabelecer redes trilaterais com organizações híbridas (Hélice Tríplice), muitos países escolhiam qual linha assumir, a partir do modelo estatista ou *laissez-faire*. Nesse momento, será explicado quais são as características marcantes que cada um deles, a fim de que se compreenda os aspectos que conduziram à evolução dos modelos (**Figura 1**).

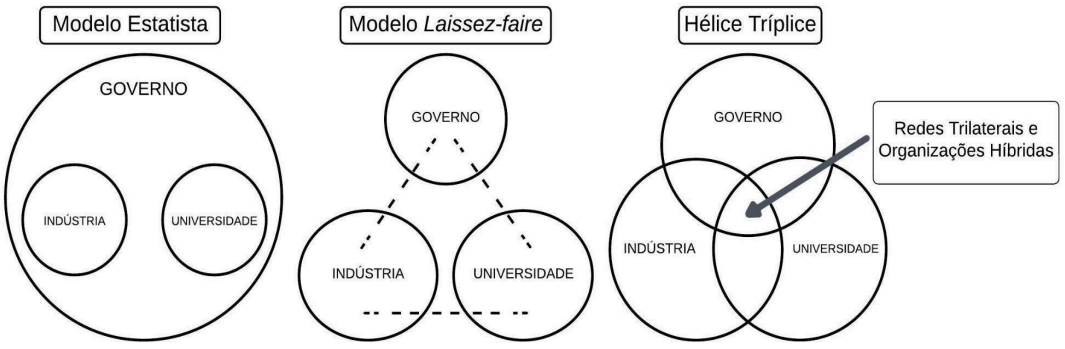


Figura 1: Evolução dos modelos até a Hélice Tríplice
Fonte: Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 2000). Elaborado pelo autor

Cada elemento dessa tríade social, desempenha uma função fundamental no processo que propicia a inovação. Entretanto, no passado elas assumiram significados distintos a depender do sistema de governo que vigorava, ou seja, as interações aconteciam em conformidade ou de maneira independente (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000; Etzkowitz, 2009). Quando as interações entre os elementos estavam em conformidade, o modelo de governo adotado correspondia ao estatista, em contrapartida, quando o modelo apresentava características autônomas, o país assumia o padrão *laissez-faire*.

1.3.1 Características do modelo estatista

Um sistema governamental que adota o modelo estatista para processar a inovação, tem como particularidade o domínio, o controle e a intervenção tanto nas indústrias quanto nas universidades (**Figura 2**). "Quando os relacionamentos são organizados nas esferas institucionais, o governo assume o papel de coordenação. Nesse modelo, espera-se que ele tome a frente no desenvolvimento de projetos e no fornecimento de recursos para novas iniciativas" (Etzkowitz, 2009, p. 18).

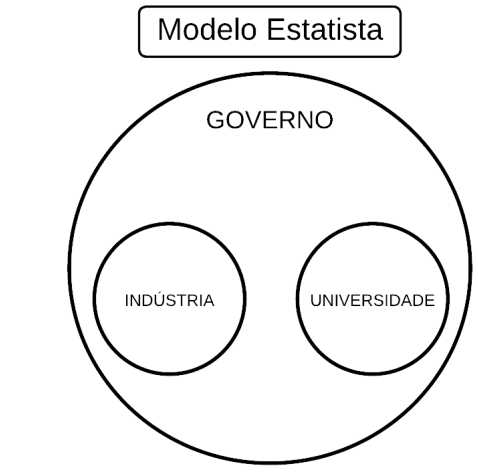


Figura 2: O Modelo Estatista
Fonte: Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 2000). Elaborado pelo autor

Na **figura 2** é possível observar que o governo engloba a responsabilidade de coordenar e mobilizar a indústria, além de promover condições para as universidades e institutos de pesquisa desenvolverem investigações científicas. Todavia, vale destacar que é imprudente dizer que nesse modelo não há relações entre os três elementos, elas existem em

determinados momentos, porém sempre sob a tutela e com a decisão final pautada nos interesses do governo.

É no estatismo que o governo detém o compromisso da ação, logo, as universidades e as indústrias devem cooperar devidamente com os planos estratégicos traçados pelas políticas públicas do Estado. Dessa forma, "as empresas e a academia são vistas como esferas institucionais relativamente fracas, que requerem orientação e controle […] a França, além de muitos países latino-americanos, exemplificam esse modelo de organização da sociedade" (Etzkowitz, 2009, p. 18).

O autor salienta que muitos países latino-americanos adotaram o modelo estatista como política de Estado, inclusive ele aproveita o ensejo para realizar algumas considerações sobre o Brasil. Durante a ditadura militar brasileira, diversas políticas de ciência e tecnologia propostas pelo governo federal colocaram em prática, implicitamente, algumas deliberações estatistas — muito próximas às proposições em formato triangular elaborado por Sábato e Botana, na década de 1960 (Etzkowitz, 2009).

> Projetos de larga escala foram financiados pelo governo, a fim de dar suporte à criação de novas indústrias tecnológicas, tais como empresas fabricantes de aeronaves, computadores e componentes eletrônicos. Os projetos geralmente incluíam financiamentos para melhorar o nível da pesquisa acadêmica e apoiar esses programas de desenvolvimento de tecnologia. Um efeito colateral foi o aumento do treinamento local de alunos de graduação para que eles pudessem trabalhar nos projetos (Etzkowitz, 2009, p. 19).

O governo brasileiro, no decorrer da ditadura militar, interviu e financiou muitos projetos científicos-tecnológicos. Esse fato é validado quando se observa o empenho governamental na criação de algumas estatais na década de 1970, por exemplo: a Telecomunicações Brasileiras S/A (TELEBRÁS), em 1972; a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1973; a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), em 1973; a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (NUCLEBRÁS), em 1974; o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), em 1976; entre outras (Albuquerque; Cario; Suzigan; 2017).

Os países que assumem o modelo estatista se empenham em fortalecer o elemento "governo" para promover o desenvolvimento científico-tecnológico e proporcionar inovações que beneficiem sua população (Leydesdorff; Etzkowitz, 2000). Cabe salientar que, além do peculiar caso brasileiro, existem outros países com a prerrogativa do bem-estar social que também adotam o estatismo de maneira bem consistente. Nesse caso, a França se destaca

como um exemplo completo sobre a maneira de como um governo estatista controla as operações que acontecem em seu território (Etzkowitz, 2009).

> O modelo estatista depende de organizações especializadas hierarquicamente conectadas por um governo central. Traduzido em políticas de tecnologia e ciência, o modelo estatista caracteriza-se pela presença de institutos de pesquisa básica e aplicada, inclusive unidades setoriais para indústrias específicas […]. O modelo estatista com frequência carrega consigo o objetivo de que o país desenvolva sua indústria tecnológica sem considerar o que está acontecendo no resto do mundo (Etzkowitz, 2009, p. 18–19).

No modelo estatista, os países tomam para si a incumbência de promover o desenvolvimento territorial em múltiplas esferas, tanto no âmbito econômico quanto no social, no propósito de encontrar soluções para suas necessidades específicas. Essa responsabilidade é intransferível. Nenhuma outra instituição tem a permissão de assumir a consciência das ações, ela pertence somente ao governo, "o espiral central" na promoção de ciência e tecnologia.

Todavia, o modelo estatista pode assimilar algumas características oportunas ou inapropriadas, conforme determinada linha de pensamento, haja vista que sua execução depende de consentimento popular e coalizão política (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995, 2000). No caráter oportuno, podemos citar a autonomia do governo em planejar e executar políticas públicas de médio e longo prazo, visando desenvolvimento econômico. Ao seguir esse parâmetro, admite a função de coordenador e interventor, conservando e protegendo os interesses nacionais da concorrência internacional e da influência externa.

Em relação aos aspectos socialmente inapropriados do modelo estatista, se apresentam os riscos de abuso de poder e corrupção, além do patrimonialismo — um mecanismo ilícito que visa o benefício de certos grupos econômicos ou políticos, em detrimento da população (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995). Além disso, quando a intervenção se instaura de maneira descoordenada, acarreta a ineficiência da máquina pública elevando o grau de burocracia na gestão dos recursos públicos, prejudicando o potencial produtivo e competitivo do país.

1.3.2 Características do modelo Laissez-faire

Outro ponto de partida para analisar a evolução dos modelos que promovem a inovação no decurso da história, perpassa pelas características do padrão *laissez-faire*. O conceito possui origem no idioma francês, cuja tradução significa literalmente "deixar fazer".

No sentido econômico, essa expressão é comumente usada para classificar países que assumem as diretrizes do liberalismo, situação em que o mercado atua livremente, sem que haja a intervenção do Estado.

Os Estados Unidos são um dos exemplos mais claros sobre as características do *laissez-faire*, neste país o governo não interfere na economia, apenas cria e fiscaliza leis para proteger o livre mercado, os consumidores e o direito à propriedade privada. As regras deste modelo indicam que a universidade-indústria-governo deve operar em suas próprias áreas, sem realizar conexões ou vínculos demasiadamente estreitos (**Figura 3**).

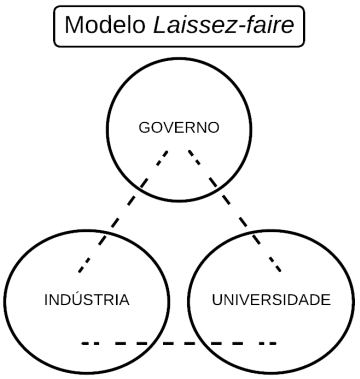


Figura 3: Comportamento do Modelo *Laissez-faire*
Fonte: Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 2000). Elaborado pelo autor

Na **Figura 3**, traços e pontos interligam as esferas que correspondem aos três elementos institucionais no estímulo do desenvolvimento científico, tecnológico e da inovação. Essa forma de representar visualmente o modelo *laissez-faire* significa que, mesmo que os integrantes não sustentem relações íntimas devido suas particularidades individuais, em certas circunstâncias eles podem depender um do outro, mesmo que indiretamente.

Etzkowitz (2009, p. 20–21) destaca as hélices da seguinte maneira:

> Nesse modelo, a universidade é uma fornecedora de pesquisa básica e pessoas treinadas. Seu papel, em conexão com a indústria, é o de promover conhecimento, principalmente na forma de publicações e graduandos, que trazem consigo conhecimentos tácitos para seus novos empregos. Cabe a indústria encontrar conhecimentos úteis oriundos das universidades, sem esperar muito auxílio. Também se espera que a indústria opere sozinha, com as empresas ligadas entre si pelas relações de mercado de compra e venda. Espera-se que exista uma competição intensa entre as empresas, sendo que a colaboração é proibida.

No modelo *laissez-faire*, as universidades têm a finalidade de qualificar, especializar e tornar os indivíduos capacitados para desenvolverem novas ideias que supram as necessidades do mercado, a partir de experiências acadêmicas. Apesar de naturalmente exercerem uma relação distante, em algum momento às instituições de ensino superior se aproxima do segmento produtivo, principalmente quando ela fornece mão de obra qualificada e competente para trabalhar nos laboratórios de pesquisas das empresas, visando melhorar a qualidade dos produtos e dos serviços.

Em contrapartida, a responsabilidade de encontrar indivíduos qualificados disponíveis no mercado é uma atividade que depende da empresa. Por tal razão, os que possuem graduação universitária são os primeiros procurados, devido sua capacidade para transmitir conhecimento teórico a fim de torná-los práticos, propiciando novidades em produtos e serviços. No modelo *laissez-faire*, todas elas estão em competição, ou seja, os trâmites que envolvem disputas (seja por mão de obra ou fornecedores) são individuais, sendo vedada a colaboração.

> As corporações foram proibidas por leis de cooperar e colaborar entre si, porque se imaginava que se elas pudessem se comunicar extensivamente, a primeira coisa que fariam seria formar um cartel e estabelecer preços de produtos. Assim, em grande parte, as empresas eram desencorajadas de interagir, com exceção de associações, em que as pessoas se reuniam de acordo com sua especialização profissional (Etzkowitz, 2009, p. 21).

A princípio, a produção de uma empresa deveria operar de maneira independente, tanto nos departamentos vinculados à pesquisa e inovação quanto no desenvolvimento de novos produtos. Entretanto, devido aos elevados índices de competição internacional a partir da década de 1970, os Estados Unidos, um dos principais países adeptos a essa doutrina econômica liberal, decidiu modificar algumas regras nacionais a fim de ampliar seu potencial de concorrência.

Na década de 1970, diversas indústrias japonesas de base científico-tecnológica se agigantaram no mercado global mediante notáveis investimentos públicos e privados em inovação em inovação (Etzkowitz, 2009). Nesse momento, o país tornou-se uma referência global em digitação e na engenharia de automação, justamente por inserir novidades tecnológicas à produção da indústria automobilística (Coriat, 1994). Tais circunstâncias projetaram algumas empresas japonesas e elas começaram a competir no mercado internacional, diretamente com grandes corporações americanas e europeias.

O notável crescimento de organizações orientais gerou preocupações nos países ocidentais quanto às disputas por competitividade no mercado global (Coriat, 1994). Diante disso, o governo dos Estados Unidos revisou diversas normativas que restringiam a colaboração interempresarial, legalizando tal prática para fomentar a cooperação produtiva, visando preservar sua supremacia no cenário internacional. Ajustando suas políticas, possibilitou-se que "as empresas realizassem pesquisas pré-competitivas e, então, propiciassem o desenvolvimento conjunto dos produtos". Essa estratégia marcou uma reinterpretação do modelo *laissez-faire*, reconhecendo a importância de que as empresas "não deveriam apenas competir, mas também cooperar e colaborar mutuamente" (Etzkowitz, 2009, p. 21).

De acordo com Etzkowitz (2009), a intervenção governamental em uma economia que predomina o liberalismo, embora atípica, se torna imperativa apenas em situações específicas conhecidas como "falhas de mercado". Essas imperfeições se manifestam de algumas formas, incluindo monopólios que limitam a concorrência, externalidades negativas que afetam o bem-estar público ou a ausência de bens públicos essenciais. Diante de tais circunstâncias, o governo se compromete em intervir, assegurando que a economia possa retomar seu curso normal de eficiência.

A autoridade para tal intervenção baseia-se na premissa de que, em certas condições, mecanismos de mercado por si só não garantem o melhor resultado para a sociedade, justificando, portanto, a necessidade de ação regulatória ou corretiva por parte do Estado para restaurar o equilíbrio econômico e promover o bem-estar social (Etzkowitz, 2009).

Historicamente, os Estados Unidos adotaram a filosofia do "laissez-faire", privilegiando a mínima intervenção governamental no livre mercado. No entanto, essa postura coexistiu com práticas intervencionistas significativas, mormente no setor da economia de defesa, notadamente durante o período da Guerra Fria. Nessa era, o governo não apenas incentivava, mas também financiava ativamente indústrias e pesquisadores para desenvolverem inovações que fortalecessem as capacidades militares do país (Etzkowitz, 2009).

Diversas empresas e institutos de pesquisa públicos e privados foram mobilizados para trabalhar em conjunto, atuando em projetos muitas vezes financiados por agências governamentais como o Departamento de Defesa (DoD) e a DARPA (sigla em inglês para *Defense Advanced Research Projects Agency*). Estas parcerias foram essenciais para o avanço de tecnologias que não apenas redefiniram o paradigma militar, mas também tiveram

aplicações civis posteriormente, demonstrando a complexa relação entre a inovação tecnológica, a política de defesa e o desenvolvimento econômico.

A cadeia produtiva bélica desse país movimenta bilhões de dólares, e estabelece vínculos entre universidade-indústria-governo que, em sua essência, o modelo *laissez-faire* não produz (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995, 2000). Tal intervenção estadunidense na economia militar ficou reconhecida mundialmente como desenvolvimentismo bélico. "A economia militar dos EUA, por exemplo, opera conforme o modelo estatista, com uma hierarquia de cima para baixo (*top-down*) realizada pelo governo, com empresas e universidades tendo um papel significativo dentro de sua coordenação" (Etzkowitz, 2009, p. 21).

Além disso, segundo Etzkowitz (2009, p. 22) também há outras responsabilidades que o governo baseado no modelo *laissez-faire* assume:

> Espera-se que o governo exerça um papel civil maior apenas quando uma atividade não puder ser oferecida pelo mercado. Quando ninguém estiver preparado para oferecer a função de venda ou para realizá-la, aí tal função deve ser oferecida pelo governo. É com base nesse argumento de falha de mercado que se reivindica que o governo possa prover fundos às universidades para dar apoio à pesquisa, porque o mercado não irá satisfazer tal necessidade. Já que isso não aconteceria de outra forma, se aceita que exista um papel limitado para o governo.

De forma categórica, a doutrina econômica sustenta que, diante de situações onde o mercado falha em prover determinadas atividades econômicas ou não cria condições para uma produção adequada, torna-se imperativo o envolvimento do governo para assegurar que as necessidades da sociedade sejam atendidas. Sob essas circunstâncias, as instituições governamentais assumem um papel crucial, sendo responsáveis pela identificação e financiamento de pesquisas universitárias com potencial para impulsionar setores produtivos específicos do país.

Os recursos destinados para a execução de pesquisas não provinham diretamente do governo, organizações sem fins lucrativos foram criadas e elas atuavam como intermediárias nessa relação. As atividades desse arranjo supunham parceria entre universidades e empresas visando resultados promissores de inovação, proporcionando, inclusive, o patenteamento de novos produtos e serviços. Entretanto, havia uma fronteira bem definida entre a incumbência do governo e das instituições universitárias envolvidas, nenhuma delas poderia assumir o compromisso da outra (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995; Leydesdorff; Etzkowitz, 2000; Etzkowitz, 2009).

> Acredita-se que funções e esferas se relacionam em uma base de um para um, isto é, empresa = produção; governo = regulamentação; universidade = pesquisa básica. A expansão ou o cruzamento de funções de uma esfera para outra é uma evidência *ipso facto* de declínio, para alguns, enquanto para outros é um sinal de criatividade organizacional e individual (Etzkowitz, 2009, p. 23).

Portanto, ficou nítido que o modelo *laissez-faire* contém uma série de características particulares. É importante salientar que tais singularidades se alteram conforme alguns interesses, sendo os principais: melhorar o desempenho do país na competição do comércio internacional; restabelecer as "falhas do mercado" para que a economia cresça; desenvolver inovações tecnológicas em segmentos produtivos específicos (economia militar e desenvolvimentismo bélico — traços estatistas) e atender às demandas comerciais da sociedade quando o mercado não conseguir oferecer, aliando-se, por meio de organizações sem fins lucrativos, ao financiamento de pesquisas universitárias que produzam resultados promissores capazes de serem patenteados.

Nos destaques realizados por Etzkowitz (2009), ambos os modelos têm suas potencialidades, a depender do sistema de governo e da ideologia econômica e política que subsiste no país. Sua crítica referente ao estatismo, pauta-se na descomunal presença de burocracia desse sistema que pode influenciar negativamente o surgimento de inovações. Analogamente, em suas ponderações o autor expressa que o *laissez-faire* pode assumir alguns riscos, mormente quando permite que cada estrutura do componente atue conforme suas inclinações, condição que engendra uma relação temerária de conflitos de interesses.

Etzkowitz e Leydesdorff (1995) estudaram profundamente as possibilidades e limitações do estatismo e do *laissez-faire* aplicados às transformações produtivas no segmento da inovação. Os autores, em publicações posteriores, concluíram que um movimento cooperativo, sinérgico e vínculos de proximidade entre universidade-indústria-governo poderiam acarretar novidades tecnológicas de sucesso, trazendo benefícios sociais de bem-estar (Leydesdorff, 1998a, 1998b; Etzkowitz; Leydesdorff, 2000). Essas observações e ponderações sobre os caminhos e descaminhos do sistema científico-tecnológico global, em suas respectivas estruturas ideológicas de governo, conduziram os autores a elaborar a proposta da "Hélice Tríplice".

1.3.3 A “Tríplice Hélice”: um modelo alternativo para a inovação em movimento

O conceito da Hélice Tríplice postula que as inovações emergem da interação de três instituições: universidade, indústria e governo (Etzkowitz, 2009). A universidade tem o papel de gerar conhecimento e transformá-lo em inovações, em colaboração com o governo e as empresas. As indústrias devem produzir bens e serviços, além de estimular pesquisas que criem e apliquem inovações que tragam benefícios para a sociedade. O governo atua como agente facilitador no processo da inovação, não somente quando propõe políticas e programas de incentivo à pesquisa, mas também quando controla os níveis de burocracia e estimula o desenvolvimento científico-tecnológico (Leydesdorff; Etzkowitz, 1998a).

Etzkowitz (1995) e Leydesdorff e Etzkowitz (1998a, 1998b) utilizaram a “Teoria do Campo da Hélice Tríplice” para ilustrar a influência dos três elementos no processo da inovação (**Figura 4**). Essa teoria baseou-se em analogias com princípios físicos, relacionados ao tema do campo elétrico, que consiste na atração de cargas elétricas de sinais opostos. Esse fenômeno gera a grandeza física do campo elétrico, cujo tamanho e intensidade dependem da interação entre as cargas.

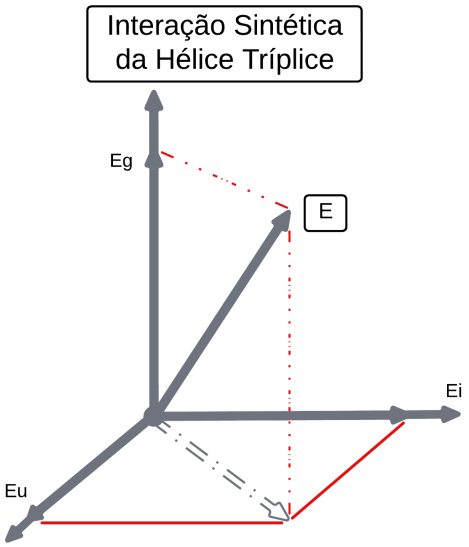


Figura 4: Síntese do Campo de Interação da Hélice Tríplice
Fonte: adaptado de Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 1998b). Elaborado pelo autor

A **Figura 4** revelam as seguintes informações: o E representa a intensidade do campo total, enquanto Eu, Ei e Eg representam, respectivamente, a intensidade das atividades da universidade, da indústria e governo, portanto, a fórmula se configura em E = f (Eu, Ei e Eg) (Etzkowitz, 2009). De maneira simplificada, essa expressão representa que quanto mais intensas forem as relações entre as variáveis, superiores serão também os resultados. Portanto,

o trabalho cooperativo entre a universidade, indústria e governo tem potencial para promover um contingente considerável de inovações tecnológicas, pois as grandezas são diretamente proporcionais.

> A teoria do campo ilustra a importância de limitar a transformação do *laissez-faire* a esferas sobrepostas ou de reduzir de forma não muito acentuada um modelo estatista, para manter a independência de cada esfera ao mesmo tempo em que se facilita a interação. Se o governo for muito forte, por exemplo, o modelo estatista pode ser formado. Se as interações entre as três hélices forem muito frágeis, não há força suficiente para integrá-las, o que leva à situação do *laissez-faire* (Etzkowitz, 2009, p. 27).

Os autores introduzem o conceito de "interação sintética" para enfatizar que o dinamismo da hélice tríplice depende de um equilíbrio, caso contrário, haverá distorção e a tendência será que a inovação se configure em um dos modelos extremos, o *laissez-faire* ou o estadista. Assim, o propósito do argumento é recomendar que as instituições elaborem e implementem algumas ações no âmbito da universidade, da indústria e do governo que possam estimular intensa cooperação entre eles, pois se evidencia que a assimetria nas inter-relações compromete o avanço da inovação.

O conceito de Hélice Tríplice de Inovação se propõe como uma alternativa aos modelos tradicionais. Desse modo, essa abordagem defende que o progresso das inovações depende de uma interação equilibrada entre as instituições, ou seja, requer que elas colaborem regularmente entre si (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995, 2000; Etzkowitz, 2009). Atualmente, não é viável operar de maneira isolada, é necessário haver fortes laços entre os atores que promovem e incentivam a inovação, porque não se adequa a modernidade modelos solitários que tentam inovar sem criar nenhuma inter-relação.

Portanto, a importância da hélice tríplice para a inovação reside na sua capacidade de gerar novas tecnologias, produtos e serviços, a partir da colaboração entre os diferentes setores da sociedade, aproveitando suas habilidades e recursos. A interação entre as hélices estimula a criação de uma cultura de inovação, que valoriza o conhecimento, a criatividade e o disponibiliza capital de risco (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000).

Nessa nova abstração, a universidade possui centralidade, porque além de produzir e difundir o conhecimento científico e tecnológico, também formará recursos humanos qualificados motivados ao empreendedorismo. A universidade empreendedora é aquela que assume um papel ativo na geração de novas indústrias e empresas, além de cumprir suas funções tradicionais de ensino e pesquisa (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000).

Segundo Etzkowitz (2009), eventos históricos evidenciaram o declínio dos arranjos de desenvolvimento científico-tecnológico baseados apenas nos modelos tradicionais, que priorizam somente o papel do governo ou do livre mercado. A Segunda Guerra Mundial, por exemplo, trouxe a reboque uma nova relação entre universidade, indústria e governo (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995, 1998b).

No período pós-guerra, o governo estadunidense se interessou em desenvolver pesquisas almejando novas tecnologias, sobretudo, para fins bélicos, estratégias militares e de comunicação. Na região do Vale do Silício, situado no estado da Califórnia, universidades e indústrias iniciaram atividades conjuntas na fabricação de componentes de circuitos elétricos e de informática.

> A dinâmica de crescimento do Vale do Silício, baseada nas placas de silício, foi implementada pela política de compras de transistores do governo federal. O exército dos Estados Unidos, que buscava miniaturizar os equipamentos de comunicação no campo de batalha, acelerou uma curva de aprendizado na criação do transistor que levou ao desenvolvimento do circuito integrado (Etzkowitz; Zhou, 2017, p. 27).

A Guerra Fria transformou o arranjo do relacionamento entre as universidades e as indústrias. O Vale do Silício se tornou um aglomerado influente na produção de artigos de alta tecnologia, estimulando a interação entre os três componentes das hélices de inovação. A partir dessa dinâmica, professores e universitários recém-formados conseguiram reconhecer que as instituições de ensino superior e pesquisa desempenham um papel fundamental no desenvolvimento científico-tecnológico. Esse incipiente período das “Relações Trilaterais das Organizações Intermediárias”, pavimentou o caminho para a maturação de uma nova proposta política e econômica para impulsionar a inovação (Etzkowitz, 2009; Etzkowitz; Zhou, 2017).

Desde a década de 1950, observa-se uma transformação significativa na dinâmica dos elementos da hélice tríplice, que deixaram de operar isoladamente. Ao contrário, iniciaram um processo de aproximação que culminou na criação de aglomerados de alta tecnologia, conceituados, por muitos anos, como polos tecnológicos. Neste contexto pós-guerra, o papel do “governo” revelou-se fundamental, sendo ele o responsável por fornecer suporte institucional no âmbito político, jurídico e de infraestrutura para o desenvolvimento de espaços com atributos necessários à inovação.

O componente “indústria” assumiu o compromisso de impulsionar a inovação tecnológica, tanto em seus produtos quanto em seus serviços, marcando uma nova era de colaboração e avanço científico-tecnológico aplicado à competição produtiva no mercado

global. Por fim, as “universidades” eram responsáveis por transformar o conhecimento científico em inovações, porque quando “a universidade se envolve com a transferência de tecnologia e a formação de empresas, ela atinge uma nova identidade empreendedora” (Etzkowitz, 2009, p. 38).

Todos os elementos envolvidos possuem o potencial de criar ambientes propícios para o desenvolvimento científico-tecnológico, bem como propagar a inovação. Um espaço geográfico repleto de interações entre os componentes da hélice tríplice constrói um ecossistema integrado engendrando o progresso científico-acadêmico ou econômico-produtivo.

O modelo da Hélice Tríplice serve como um importante arcabouço teórico para a compreensão das complexas interações entre universidades, indústrias e governo no contexto da inovação. Esse modelo rompe com a tradicional visão linear da inovação, propondo uma estrutura de relações interdependentes (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000; Albuquerque; Cario; Suzigan, 2017).

Um elemento crucial desse modelo é o princípio da democratização do processo inovador, que enfatiza a necessidade de uma participação equilibrada entre todos os atores envolvidos, com ação direta do poder público (Carayannis; Campbell, 2009; Albuquerque; Cario; Suzigan, 2017). Essa democratização implica dizer que, cada governo possui a autonomia de promover interação e elaborar suas estratégias a fim de coletar benefícios provenientes da inovação.

O marco da Hélice Tríplice é notável por sua adaptabilidade a diferentes contextos socioeconômicos, sendo aplicável tanto em ambientes desenvolvidos quanto em desenvolvimento (Etzkowitz *et al.*, 2005). No cenário brasileiro, esse modelo tem sido abordado como uma estratégia potencial para fortalecer os sistemas nacionais e regionais de inovação (Cassiolato; Lastres, 2005).

Contudo, a implementação prática do modelo não está isenta de desafios, especialmente no que se refere à governança e ao alinhamento de interesses mútuos (Albuquerque; Cario; Suzigan, 2017). Tais questões exigem estudos adicionais que abordem as complexidades inerentes à colaboração interorganizacional.

Ao considerar a quantidade de estudos sobre o conceito da Hélice Tríplice, torna-se evidente que, apesar de sua robustez teórica e aplicação prática, ainda há lacunas significativas na literatura que ainda merecem ser exploradas. Uma delas diz respeito a como adaptar o modelo para ser aplicável às economias de países em desenvolvimento. Enquanto esse conceito tem amplo espaço para discussão no contexto das economias dos países já

desenvolvidos, existe um vácuo considerável de pesquisas sobre como suas nuances poderiam ser acomodadas ou reformuladas para atender às particularidades dos sistemas de inovação em países como o Brasil.

As instituições envolvidas nesse conceito, compreendem claramente a importância de ampliar o conjunto de políticas públicas para fomentar a inovação mediante desenvolvimento científico-tecnológico. No entanto, algumas preferências divergentes entre universidades, indústrias e governos frequentemente resultam em conflitos de interesses, acarretando desacerto e impotência na interação dos componentes.

Esse desajuste de interesses é reproduzido principalmente nos países em desenvolvimento, muito associado aos insuficientes níveis referentes à cultura de inovação nas instâncias políticas, econômicas e sociais (Etzkowitz, 2009). Desse modo, o passado regrado na excessiva dependência externa de ciência e tecnologia abre condições no presente para que pesquisadores investiguem e avaliem empiricamente como o às instituições brasileiras podem movimentar os componentes da hélice tríplice visando estabelecer uma cultura voltada para a inovação, que ainda não se estabelece firmemente no país.

1.3.4 A Quádrupla Hélice

O modelo da Tríplice Hélice ressaltou que a universidade, a indústria e o governo possuem plena capacidade de sustentar uma relação estimulante e recíproca. Conforme tal proposição, o sucesso dessa interação está amparada nas relações horizontais em que a atuação mútua dos elementos propiciam para o desenvolvimento de inovações pautadas no conhecimento (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000). Entretanto, autores como Carayannis e Campbell (2009) salientaram sobre a necessidade de adicionar-se uma quarta hélice ao modelo: a sociedade.

Carayannis e Campbell (2009) propuseram alterações no modelo, indicando que as hélices fossem estendidas para quatro eixos de interação. Os autores sugeriram essas mudanças fundamentando-as no princípio de que a sociedade civil deve ser considerada no contexto da inovação, porque além de usufruí-las ela também atua como agente catalisador desse processo.

> Hélice Quádrupla, neste contexto, significa adicionar às hélices [...] uma "quarta hélice" que identificamos como o "público baseado na mídia e na cultura". A plausibilidade para o potencial explicativo dessa quarta hélice é que a cultura e os valores, por um lado, e a forma como a "realidade pública"

> está a ser construída e comunicada pelos meios de comunicação social, por outro lado, influenciam todos os sistemas nacionais de inovação. A "cultura da inovação" adequada é fundamental para promover uma economia avançada baseada no conhecimento. Discursos públicos, transportados e interpretados pelos meios de comunicação social, são cruciais para que uma sociedade atribua prioridades máximas à inovação e ao conhecimento (investigação, tecnologia, educação) (Carayannis; Campbell, 2009, p. 206-207, tradução nossa)[2].

Para que haja o fortalecimento da "cultura de inovação" muito além da interação universidade, indústria e governo, existe a necessidade que se compreenda a influência exercida pelo componente sociedade. Por isso, as estratégias governamentais adotadas e as políticas públicas formuladas precisam, conforme a proposta dos autores, reconhecer que a participação social atua diretamente na construção do conhecimento e também da inovação.

Carayannis e Campbell (2009) compactuam com as propostas apresentadas por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), contudo, adicionam ao debate que a sociedade precisa ser analisada como uma importante variável de propulsão para a inovação, baseada no segmento público, midiático e cultural, haja vista que ela possui enorme potencial de propagação (**Figura 5**).

[2] No original em inglês: "Quadruple Helix, in this context, means to add to the above stated helices a 'fourth helix' that we identify as the "media-based and culture-based public". This fourth helix is associated with 'media', 'creative industries', 'culture', 'values', 'life styles', 'art', and perhaps also the notion of the 'creative class'. The proper 'innovation culture' is key for promoting an advanced knowledge-based economy. Public discourses, transported through and interpreted by the media, are crucial for a society to assign top-priorities to innovation and knowledge (research, technology, education)."

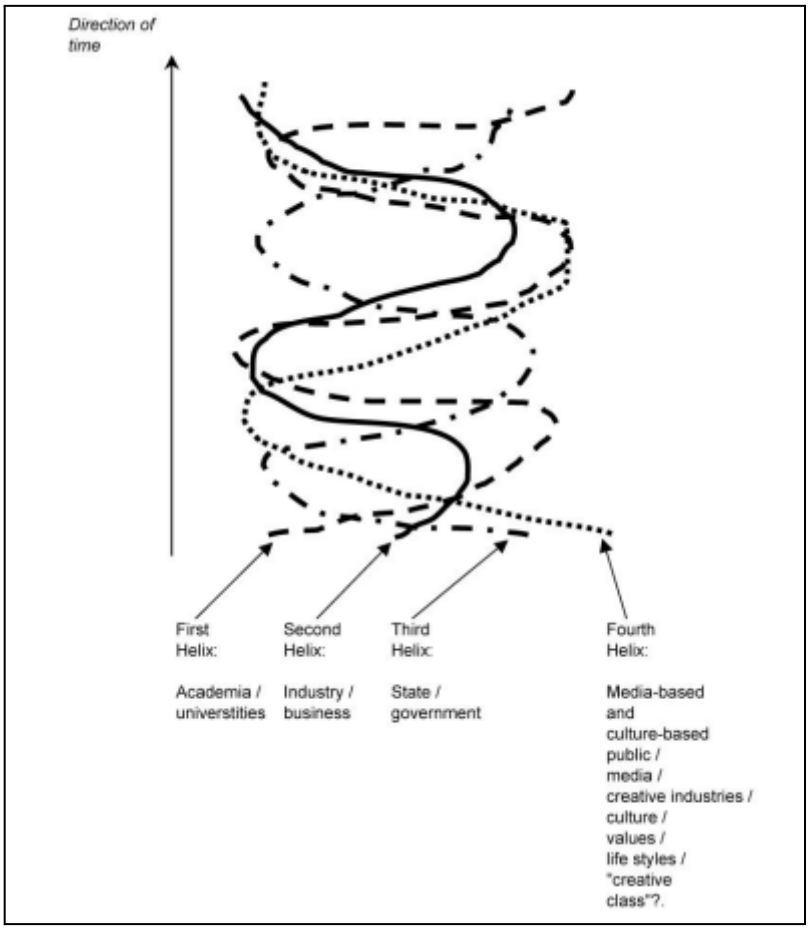


Figura 5: A conceituação da Quádrupla Hélice
Fonte: adaptado de Carayannis e Campbell (2009, p. 207)

É possível obliterar que as instituições que representam a tríplice hélice, compostas pelas universidades, indústrias e governos, realmente são essenciais para o avanço da inovação. Todavia, a abordagem da "quádrupla hélice" consolidou que a sociedade civil também desempenha crucial importância ao longo desse processo. O "modelo Quádrupla Hélice coloca os usuários da inovação no centro e incentiva o desenvolvimento de inovações que sejam pertinentes aos usuários (sociedade civil)" (Carayannis; Rakhmatullin, 2014, p. 219, tradução nossa)[3]. Portanto, a percepção pública com seus valores sociais estabelecidos, influências midiáticas e culturais afetam, significativamente, o procedimento e os resultados das inovações.

A título de exemplo, destaca-se o sistema *World Wide Web* (WWW), concebido para facilitar a interconexão e transmissão de informações em rede (Castells, 1999). Desenvolvido no final da década de 1980, e operacionalizado na década subsequente, o referido sistema

[3] No original em inglês: "This Quadruple Helix model puts innovation users at its heart and encourages the development of innovations that are pertinent for users (civil society). Users or citizens here own and drive the innovation processes."

exemplifica de maneira inequívoca uma interação plena entre os quatro componentes que impulsionam as hélices da inovação.

A colaboração sinérgica entre universidade, indústria, governo e sociedade possibilitou a democratização dessa novidade no âmbito das telecomunicações, que anteriormente estava restrita apenas aos contextos militares e privados. O acontecimento representa um evento com significativa participação social, o qual promoveu uma revolução nas dinâmicas produtivas, midiáticas e culturais da comunidade global.

1.3.5 A sustentabilidade e sua relação com as Hélices de Inovação

As consequências das mudanças climáticas emergiram como um tema relevante no contexto mundial no final do século XX, permeando esferas econômicas, políticas e sociais. No âmbito do aquecimento global, diversos países promoveram diálogos visando mitigar os impactos alarmantes do referido fenômeno. Dessa maneira, tornou-se imperativo enfrentar os desafios relacionados não apenas ao aumento da temperatura terrestre, mas também à necessidade inadiável de promover um planejamento sustentável a fim de orientar as perspectivas produtivas para o século XXI.

Fundamentados na necessidade de enfatizar a preservação ambiental, alguns autores recomendam associar a sustentabilidade ao impulso da inovação, originando, assim, discussões sobre um novo componente adicional que forma a "Quíntupla Hélice" (Carayannis; Barth; Campbell, 2012; Carayannis; Rakhmatullin, 2014; Grundel; Dahlstrom, 2016). Conforme tais considerações, é possível denotar que a quíntupla hélice possui, em essência, um caráter de desenvolvimento sustentável pautado no conhecimento, sobretudo, aquele que suscita o equilíbrio entre produção sustentável e preservação do meio ambiente.

Sobre a importância do conhecimento para a promoção do desenvolvimento sustentável se reitera que:

> O conhecimento (por exemplo, o avanço da tecnologia verde) pode atuar como a chave do sucesso para o desenvolvimento sustentável. Essencialmente, deve entender-se hoje que os Estados-nação que se concentram no progresso da sociedade, numa maior competitividade das suas economias, ou numa melhor e sustentável qualidade de vida, têm de aplicar o recurso do conhecimento. Na transformação para uma sociedade baseada no conhecimento, economia baseada no conhecimento, ou democracia baseada no conhecimento [...], também sob o aspecto das alterações climáticas, é possível gerar novos conhecimentos utilizáveis em conjunto com o desenvolvimento sustentável (Carayannis; Barth; Campbell, 2012, p. 94).

A ênfase na transformação social e econômica, por intermédio do conhecimento, o sugere como uma visão abrangente e estratégica que indica a necessidade de se alterar os paradigmas, bem como os princípios produtivos, aplicações e o compartilhamento. Os autores não visam somente demonstrar a importância do conhecimento em si, mas também argumentam, de maneira incisiva, que ele se tornou indispensável para o cumprimento de objetivos que transcendem às esferas tecnológicas, econômicas e sociais, estendendo-se, também, para os desafios globais mais urgentes relacionados ao meio ambiente e a instabilidade climática (**Figura 6**).

Consoante aos argumentos do conhecimento como ferramenta do desenvolvimento sustentável, Grundel e Dahlstrom (2016, p. 964, tradução nossa)[4] atestam ser imprescindível a dinâmica entre conhecimento e a participação social, a saber: "a transformação para uma sociedade sustentável exige novas inovações orientadas para desafios e novas colaborações entre mais intervenientes do que antes, de diferentes esferas da sociedade com uma variedade de conhecimentos e práticas, incluindo a sociedade civil".

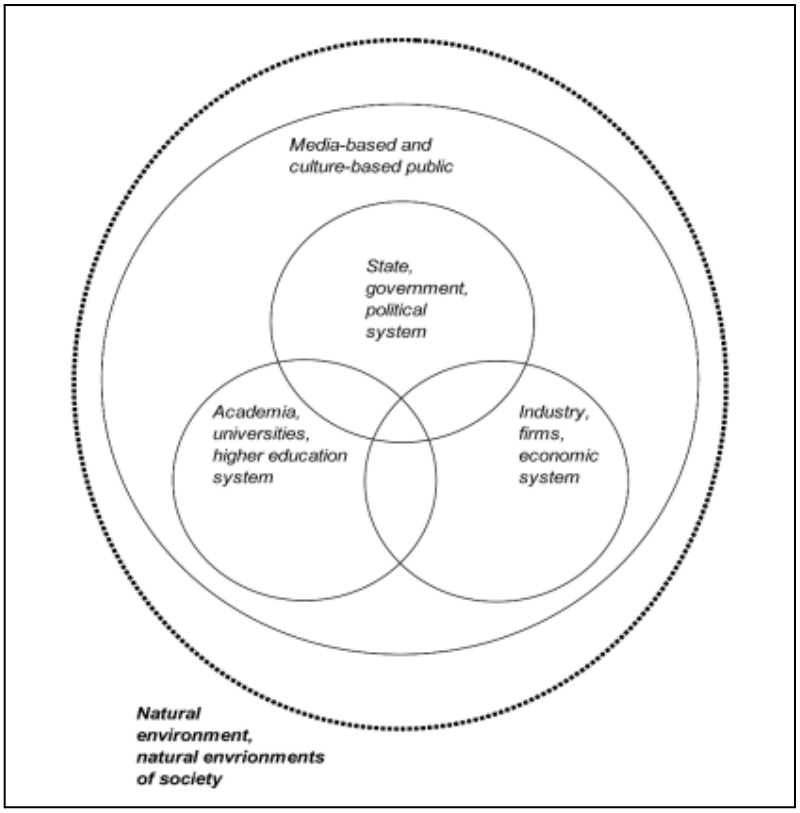


Figura 6: A conceituação da Quíntupla Hélice
Fonte: adaptado de Carayannis e Campbell (2010, p. 62)

[4] No original em inglês: "The transformation into a sustainable society requires new challenge-driven innovations and new collaborations between more actors than earlier from different spheres in society with a variety of knowledge and practices, including civil society."

Gradativamente, os cuidados com o meio ambiente foram estabelecidos mediante legislações específicas e investimentos em políticas de conscientização pública e privada sobre a importância de preservar os ecossistemas biológicos. Essa mobilização conduziu a práticas de gestão sustentável de recursos naturais, proteção de biomas vulneráveis, estímulo à reciclagem e desenvolvimento econômico comprometido com a proteção ambiental (Grundel; Dahlstrom, 2016). Neste ínterim, a sustentabilidade se tornou prioridade nas agendas governamentais, refletindo um compromisso de todos para interromper o nocivo avanço do aquecimento global (Jacobi; Sinisgalli, 2012).

Nas discussões que sugerem a adição da quíntupla hélice (Carayannis; Campbell, 2009; Grundel; Dahlstrom, 2016) a sustentabilidade ganhou notoriedade nos debates acadêmicos, tornando-se um elemento que impele o processo de inovação nos quesitos de equilíbrio entre produção e preservação ambiental. Entretanto, é preciso ressaltar que a preocupação com o meio ambiente e as mudanças climáticas já vinham sendo discutidos no escopo de "governança" (Jacobi; Sinisgalli, 2012) há algumas décadas, sobretudo, em reuniões e encontros internacionais realizados entre os líderes globais promovidos pela ONU, visando implementar os conceitos da economia verde e produtividade ambientalmente sustentáveis.

Um dos momentos mais emblemáticos que marcaram a interação incipiente da quíntupla hélice, antes mesmo de ser pauta nos debates acadêmicos relacionados à inovação no mundo contemporâneo, aconteceram durante as décadas de 1990 e 2000. Em 1992, especificamente, realizou-se, na cidade do Rio de Janeiro, a histórica Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), um evento que marcou o início de uma preocupação mais incisiva sobre sustentabilidade nos anos seguintes.

Em 2004, foi mencionada pela primeira vez a sigla em inglês ESG (ambiente, sociedade e governança). Segundo Belinky (2021, p. 38) o termo ESG se resume em uma: "proposta de que um negócio deve ser avaliado não só pelos critérios usuais do mercado, como rentabilidade, segurança, competitividade, resiliência, mas também pelos seus atributos ambientais, sociais e de governança corporativa".

Ainda conforme Belinky (2021, p. 38), as empresas que não se adequarem ao ESG sofrerão uma grande desvalorização e perda de competitividade:

> A justificativa, em termos simples, é de que as pressões decorrentes dos problemas globalmente enfrentados nesses campos estão levando a transformações profundas no ambiente de negócios. Empresas com fraco desempenho ESG tenderão a perder espaço, enquanto as que se destacarem

> positivamente serão cada vez mais valorizadas [...] Esse movimento no âmbito dos negócios, como é evidente, tem grande convergência com a agenda da sustentabilidade, especialmente no que diz respeito às expectativas sobre o papel das empresas e dos investidores na transição para uma sociedade economicamente próspera, socialmente justa e ambientalmente viável.

Atualmente, destaca-se a relevância da quíntupla hélice na promoção da inovação, evidenciando a sustentabilidade não apenas no cenário produtivo, mas também nos processos relacionados à governança corporativa. As agendas sociais, de governança e de proteção ambiental estão intrinsecamente incorporadas à atual produção global. Desse modo, é primordial salientar que, ao desconsiderar as diretrizes estabelecidas pelo ESG, tanto as empresas de ordem pública quanto privada estarão sujeitas aos efeitos adversos, mormente relacionados à desconfiança do mercado e à perda de competitividade.

A temática em questão esteve presente, por exemplo, nas análises de renomados economistas em 2018, ano no qual o elemento quíntuplo da hélice alcançou notoriedade mundial. Nesse período, o Prêmio Nobel de Economia foi concedido aos economistas William Nordhaus e Paul Romer[5], cujas pesquisas abordaram situações econômicas relacionadas a políticas macroeconômicas de longo prazo e à responsabilidade financeira global frente às mudanças climáticas. Este reconhecimento acadêmico destacou a importância da abordagem da quíntupla hélice, demonstrando sua relevância no cenário econômico global e evidenciando a interconexão entre inovação, sustentabilidade e governança como elementos fundamentais para o desenvolvimento econômico sustentável.

Os princípios da quíntupla hélice revelam-se essenciais para um modelo produtivo sustentável. A cooperação acadêmica, governamental, empresarial, social e ambiental não apenas impulsiona a inovação, mas também fortalece as diretrizes da governança institucional e corporativa, propiciando um ecossistema adequado para o desenvolvimento econômico. Portanto, compreender as aplicações financeiras, políticas e sociais da quíntupla hélice emerge como necessidade inadiável para que as organizações atendam às exigências contemporâneas de transparência, responsabilidade e sustentabilidade.

---

[5] A premiação se deve à contribuição de Nordhaus "por integrar as mudanças climáticas à análise macroeconômica de longo prazo", e à de Romer "por integrar as inovações tecnológicas à análise macroeconômica de longo prazo". Disponível em: https://www.cofecon.org.br/2018/10/08/william-nordhaus-e-paul-romer-ganham-o-nobel-de-economia-2018/. Acesso em: 5 dez. 2023.

1.4 A FORMAÇÃO DO CONCEITO ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES ESPACIAIS

O conceito foi organizado por James Moore, quando este analisou as falhas na interação do setor produtivo com base nas ideias de Kenneth Boulding (1978), que abordava as condições sociais que geraram a concorrência econômica entre as empresas. Para avaliar essas variações, Moore (1993) usou conceitos da biologia, originalmente propostos por Boulding, para afirmar que as empresas não podiam crescer isoladamente, mas dependiam de uma rede de cooperação orgânica para alcançar o sucesso nos negócios (Teixeira; Trzeciak; Varvakis, 2017).

Segundo Moore (1993), as organizações empresariais podem ser comparadas a sistemas biológicos, nos quais os organismos interagem constantemente e influenciam a cadeia e os elementos que a constituem. Com base nessa analogia, o autor propôs o conceito de ecossistemas de negócios, que destaca a importância da colaboração, da adaptação e da inovação entre as empresas para alcançar destaque na competição global.

Ikenami, Garnica e Ringer (2016) discutem a proposição de ecossistemas de negócios e enfatizam a necessidade de entender as dinâmicas e as estratégias desses sistemas. No argumento desses autores, o conceito se baseia em ter uma liderança que procura, além da competitividade, parceiros que se articulem em conjunto para atrair outros atores e fortalecer o ecossistema.

Conforme Gomes *et al.* (2018), existem similaridades entre os conceitos de Ecossistemas de Negócios e Ecossistemas de inovação:

- Se organizam em redes interconectadas e interdependentes;
- Admitem atores que assumam a responsabilidade de liderança;
- Formam-se em plataformas;
- Apesar de cooperarem, também competem entre si;
- A plena vigência do ecossistema depende dos cuidados específicos que ele recebe.

Os conceitos de ecossistemas de negócios e ecossistemas de inovação apresentam algumas diferenças importantes em suas estruturas. Segundo Moore (1993), os ecossistemas de negócios são redes de organizações que visam captar valor no mercado, operando na bolsa de valores e no âmbito empresarial. Em contrapartida, os ecossistemas de inovação, conforme Carayannis e Campbell (2009) são ambientes que promovem a co-criação de valor entre diversos atores, atuando nas esferas institucionais que estimulam o desenvolvimento científico-tecnológico e as inovações.

Para Etzkowitz e Leydesdorff (2000), o ecossistema de inovação também pode ser compreendido como uma rede de interações entre universidade, indústria e governo que viabiliza o fluxo de investimentos, informações e talentos. Russell *et al.* (2011) complementa dizendo que o conceito também abrange aspectos inter-organizacionais, políticos, econômicos, ambientais e tecnológicos que influenciam na formação e difusão de novas ideias, produtos e processos.

Os ecossistemas de inovação são formados por uma rede de atores, recursos, normas e políticas que envolvem universidades, governo, institutos de pesquisa, laboratórios, empresas de diferentes portes e mercados financeiros em uma localização específica. Essa rede facilita a circulação do conhecimento, motiva o desenvolvimento tecnológico e impulsiona a inovação, além de ser fundamental para promover a competitividade e o crescimento econômico na sociedade do conhecimento e do compartilhamento das informações.

Conforme Spinosa, Schlemm e Reis (2015), o ecossistema de inovação deve estimular o empreendedorismo e produzir inovações tecnológicas, porque esses dois princípios sustentam as instituições nos recentes confrontos da competição global. Para esses autores, essa estrutura orgânica são ativos competitivos que se apoiam na economia do conhecimento, integrados total ou parcialmente aos espaços urbanos, capazes de fomentar substancialmente a cooperação regional e o desenvolvimento socioeconômico dos lugares (Teixeira; Trzeciak; Varvakis, 2017).

Nesse contexto, um ecossistema de inovação pode ser compreendido como um espaço geográfico propício ao surgimento, ao desenvolvimento e ao apoio às iniciativas inovadoras. As condições espaciais formam uma atmosfera ideal para diversos atores interagirem e fortalecerem atividades científicas e tecnológicas (Teixeira; Trzeciak; Varvakis, 2017).

Spinosa, Schlemm e Reis (2015) relatam que ecossistemas de inovação se empregam nos argumentos de alguns autores para repaginar, mesmo que parcialmente, termos que envolvem as regiões da inovação, tal como os "*clusters*". Segundo Porter (1998, 2000), por exemplo, eles se referem às concentrações geográficas interconectadas de empresas

especializadas, fornecedores de serviços e instituições em setores públicos ou privados, que estão presentes em determinadas localidades ou regiões. Ambos são termos frequentemente utilizados no contexto de desenvolvimento econômico e inovação, mas possuem diferenças significativas.

Ademais, ocorre nos *clusters* trocas de conhecimento que fomentam a competitividade das empresas, impulsionando a inovação e incentivando a formação de novas empresas dentro do aglomerado. Eles se fundamentam na ideia de que a proximidade potencializa a capacidade das empresas de perceber e reagir às mudanças no ambiente, de acessar informações valiosas e depender menos de insumos externos, sejam eles tangíveis ou intangíveis (Porter, 2000).

Enquanto eles são frequentemente definidos por limites geográficos e setoriais, os ecossistemas de inovação são amplos e flexíveis. Porter (1998, 2000) destaca a importância da competição e cooperação em um *cluster* para promover a eficiência e a inovação. Moore (1993), por sua vez, analisa as interações complexas e dinâmicas entre diferentes atores em um ecossistema, que muitas vezes ocorrem em diferentes níveis, transitando do local ao global.

Ambos os conceitos compartilham a noção de que a colaboração e a interação entre atores são cruciais para a inovação. No entanto, enquanto o modelo de *cluster* de Porter (1998) é mais centrado na otimização de cadeias de valor específicas, o modelo de ecossistema de Moore (1993) é holístico, ou seja, considera uma variedade maior de relações e interações que influenciam a capacidade de inovar.

Segundo Spinosa, Schlemm e Reis (2015, p. 5, tradução nossa)[6] o conceito de *cluster* ganhou novos contornos, por isso, esteve passível de admitir novas interpretações e abordagens:

> O conceito se ampliou e forneceu uma estrutura para abranger *clusters* de inovação como um ponto global economicamente “pujante”, onde há novas tecnologias que brotam a uma taxa impressionante e onde há reservas de capital, *expertise* e talento que também fomentam o desenvolvimento de novas indústrias e novas formas de negócios; esses espaços são vibrantes, efervescentes e compostos por empresas que apoiam o processo de criação de *startups* e empresas maduras (muitas das quais se desenvolveram

[6] No original em inglês: “The concept has expanded and provided a framework to encompass innovation clusters as an economically "thriving" global point, where new technologies emerge at an impressive rate and where there are reserves of capital, expertise, and talent that also foster the development of new industries and new business forms. These spaces are vibrant, effervescent, and comprised of companies that support the process of creating startups and mature companies (many of which have rapidly developed from a startup background). In these ecosystems, the resources of people, capital, and knowledge are fluidly mobile, and the pace of transactions is driven by an unrelenting search for opportunities, staged financing, and short business model cycles”.

> rapidamente a partir de um histórico de *startups*); nesses ecossistemas, os recursos de pessoas, capital e o conhecimento é fluidamente móvel e o ritmo das transações é impulsionado por uma busca incansável de oportunidades, financiamento escalonado e ciclos curtos de modelo de negócio.

Na perspectiva do autor, se faz necessário inserir na discussão as relações econômicas na escala global, principalmente, vinculada a crescente disponibilidade de capital decidido a investir em indústrias que priorizem o talento e a *expertise*, transformando os espaços produtivos em lugares vibrantes e efervescentes. Novas tipologias de espaços inovativos, como as incubadoras e as *startups*, surgiram a partir dessas atividades de investimentos em setores que investigam a transmissão de conhecimento.

Spinosa, Schlemm e Reis (2015, p. 5, tradução nossa)[7] reiteram que o conceito de "ecossistemas de inovação" surge para descrever a dinâmica desses novos espaços de maneira mais adequada e abrangente:

> O termo "ecossistema de inovação" é mais abrangente e flexível, acomodando os principais elementos dos conceitos acima e descrevendo a função ou papel de fatores independentes que atuam conjuntamente, mas de uma maneira bastante concentrada e espontânea, possibilitando a ação de significativos e inovadores, permitindo que a inovação ocorra de acordo com um processo sustentado em um determinado território. Se o empreendedorismo é o comportamento esperado, a inovação é o resultado de um ecossistema de inovação, todos eles são necessários para lidar com a competitividade em uma economia global do conhecimento.

Analisando sobre os novos espaços inovativos e suas potencialidades, os autores aproveitaram o ensejo para discorrerem sobre os ecossistemas de inovação, pautando-se na perspectiva da realidade brasileira. Salientaram que o país deve começar a valorizar a competitividade e a economia baseada no conhecimento, buscando preparar os espaços para que eles estejam aptos a criar e participar de uma rede dinâmica e interconectada que promova o desenvolvimento socioeconômico do país.

Na **Figura 7** é possível notar quais são os elementos que compõem o ecossistema de inovação. Todos eles interagem entre si em algum momento do processo produtivo, seja em criar mecanismos de estímulo e regulação, realizar investimentos de risco, dentre outros.

---

[7] No original em inglês: "The term "innovation ecosystem" is more comprehensive and flexible, accommodating the key elements of the concepts mentioned above and describing the function or role of independent factors that act together, but in a very concentrated and spontaneous manner. This facilitates the action of significant and innovative agents, allowing innovation to occur according to a sustained process in a given territory. If entrepreneurship is the expected behavior, innovation is the outcome of an innovation ecosystem. All of these components are necessary to cope with competitiveness in a global knowledge economy".

Enfim, os que compõem esse ambiente podem cooperar durante a criação de novos produtos e serviços ou posteriormente na comercialização deles.

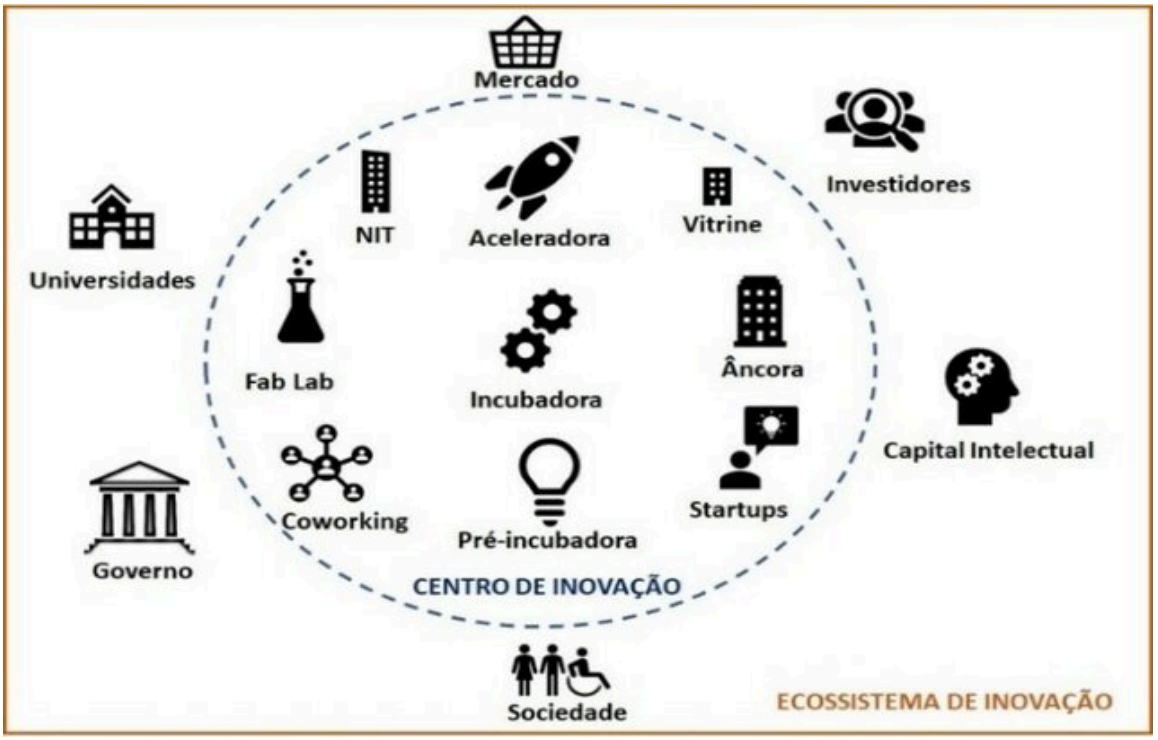


Figura 7: Elementos que compõem os Ecossistemas de Inovação
Fonte: Monteiro *et al.,* (2019, p. 267)

CARACTERÍSTICAS DOS ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO		
DIMENSÃO ESPACIAL	DIMENSÕES INSTITUCIONAIS	DIMENSÕES GOVERNAMENTAIS
Espaços selecionados para desenvolverem constantemente negócios baseados no conhecimento e empreendedorismo inovador caracterizam os ecossistemas de inovação.	Os ecossistemas de inovação se fundam pautados na presença da forte interação entre as esferas institucionais da sociedade, tais como a tríade governo, academia e empresas — sejam essas últimas públicas ou privadas.	Os ecossistemas de inovação requerem que o governo promova políticas públicas que instiguem o desenvolvimento da inovação.
Se desenvolvem em espaços que promovem uma aprendizagem coletiva, incitando, inclusive, a troca de conhecimento, práticas de produção e informações que favorecem a sinergia entre os muitos agentes que participam do processo da inovação.	Cabe às esferas institucionais o cuidado com as políticas de desenvolvimento urbano e ambiental, a fim de promover equilíbrio e sustentabilidade no processo de surgimento dos ecossistemas de inovação.	O governo deve proporcionar estabilidade econômica para que investidores sintam confiança de investirem nos empreendimentos nacionais. Essa segurança aumenta a disponibilidade de capital de risco.
Os ecossistemas de inovação se constituem, inicialmente, próximos aos parques tecnológicos, parques científicos ou polos tecnológicos, porém, não estão restritos somente às localizações com tais atributos.	Criar mecanismos de relação amistosa entre os elementos urbanos e os aglomerados de conhecimentos (parques tecnológicos, centros de P&D das empresas, etc.)	Os ecossistemas de inovação solicitam explicitamente que o governo forneça subsídios para institutos de pesquisas e fomentem a interação entre segmentos produtivos e universidades para desempenharem pesquisas a fim de criar inovações tecnológicas.
Os ecossistemas de inovação se localizam nos seguintes lugares: onde se instiga a cultura da inovação e da competitividade; onde há universidades, instituições de pesquisas, centros de P&D, etc.; onde há facilidade na criação e consolidação do processo de incubação e *spin-off*, bem como infraestrutura de muita qualidade.	Os ecossistemas de inovação requisitam que haja o desenvolvimento institucional pautado na democratização do acesso ao conhecimento, a fim de que se estimule novos processos de aprendizagem que sejam interdisciplinares.	As tomadas de decisões sobre o planejamento urbano, políticas públicas para o meio ambiente e sustentabilidade, solucionar problemas sociais podem ajudar a organizar um ambiente favorável para desenvolver a economia do conhecimento e, consequentemente, componentes dos ecossistemas de inovação.

Quadro 1: Características principais dos Ecossistemas de Inovação
Fonte: Spinosa, Schlemm e Reis (2015). Adaptado e elaborado pelo autor

Observa-se, portanto, que os ecossistemas de inovação são espaços que favorecem a geração e a difusão de conhecimento, a criação e o desenvolvimento de novas empresas, produtos e serviços, bem como a interação entre os diferentes atores envolvidos no processo inovativo. Entre os elementos que o caracteriza, se destacam:

- A existência de uma cultura empreendedora e inovadora, que estimula a criatividade, a cooperação, a tolerância ao risco e a busca por oportunidades;

- A presença de instituições de ensino e pesquisa de qualidade, que produzem e transferem conhecimento científico e tecnológico para o mercado e para a sociedade;

- A disponibilidade de recursos humanos, financeiros e materiais que apoiam as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação nas empresas e nas organizações;

- A articulação entre os diversos agentes do ecossistema, como universidades, empresas, governos, organizações não governamentais, incubadoras, aceleradoras, parques tecnológicos, entre outros, que formam redes de colaboração e sinergia;

- A existência de um marco legal e regulatório favorável à inovação, que oferece incentivos, proteção à propriedade intelectual, simplificação burocrática e segurança jurídica.

Em resumo, nos termos acadêmicos os ecossistemas de inovação se referem ao conjunto complexo e interconectado de atores, que podem incluir universidades, empresas, entidades governamentais e organizações não-governamentais, engajados na geração, transferência e aplicação de conhecimento inovador. Este arranjo coletivo facilita a colaboração, o compartilhamento de recursos e informações, e a aceleração do processo inovador, culminando em avanços tecnológicos, desenvolvimento econômico e impacto social. O conceito sublinha a necessidade de um ambiente propício e interativo que favorece a dinâmica entre diversos *stakeholders* para promover a inovação de forma sustentável e eficaz.

1.5 ECOSSISTEMAS E SEUS HABITATS DE INOVAÇÃO

Todos os elementos apresentados sobre as características latentes dos ecossistemas de inovação são cruciais para estabelece-lo sólido e eficiente. Diversos países desenvolvidos desempenharam atividades para estimular unidade nacional entre às dimensões espaciais, institucionais e governamentais, sobretudo, durante as décadas de 1980 e 1990, no ímpeto da globalização.

Entretanto, em países em desenvolvimento, como foi no caso brasileiro, essa mobilização somente assumiu uma relevância particularmente acentuada mediante os marcos legais que regulamentaram a inovação. A Lei n.º 10.973/2004, por exemplo, propõe que o Brasil supere desafios históricos ligados à falta de integração entre universidades, centros de pesquisa e setor empresarial. Além disso, essa lei visa preencher lacunas críticas tais como a proteção à propriedade intelectual e a simplificação de processos burocráticos (Teixeira; Almeida; Ferreira, 2016).

Deste modo, a legislação não apenas a legitima, mas também instrumentaliza o papel do governo como agente indutor do desenvolvimento científico e tecnológico. As políticas governamentais se tornam um pilar que sustenta a aspiração nacional de conseguir segurança na competição do cenário global de inovação.

A Lei n.º 10.973/2004 ficou conhecida como a "Lei de Inovação", atuando como uma pedra angular na estratégia brasileira de incentivar a inovação e a pesquisa em ciência e tecnologia no setor produtivo (Brasil, 2004); sua meta esteve ancorada em estimular o desenvolvimento tecnológico autônomo e a evolução industrial do país. Em 2016, uma nova legislação, a Lei n.º 13.243/2016, também chamada de Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação, foi instaurada para modificar as diretrizes da lei promulgada anteriormente (Brasil, 2016).

A Lei n.º 13.243/2016, também conhecida como Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no Brasil, trouxe diversas modificações à Lei de Inovação (Lei n.º 10.973/2004), visando principalmente à desburocratização das atividades de pesquisa e inovação. Ela facilitou a interação entre universidades, institutos de pesquisa e o setor empresarial, além de incentivar a transferência de tecnologia entre esses atores.

Em contrapartida, o Decreto n.º 9.283/2018 veio para regulamentar tanto a Lei de Inovação como o Marco Legal de CT&I (Brasil, 2018). Esse decreto detalha os procedimentos e critérios para a implementação da lei, proporcionando maior clareza e segurança jurídica para as instituições envolvidas no ecossistema de inovação. Dessa forma, enquanto a Lei n.º 13.243/2016 estabeleceu o quadro legal amplo, o Decreto n.º 9.283/2018 forneceu as diretrizes práticas e regulamentares para a efetiva implementação da lei. Assim, o

decreto atuou como um instrumento complementar, especificando como os princípios e objetivos da lei deveriam ser aplicados na prática.

Em âmbitos tanto federais quanto estaduais, a legislação tem como um de seus objetivos principais estimular a formação de alianças colaborativas entre Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs), instituições acadêmicas e o setor empresarial. Essas alianças são fundamentais para estabelecer um ambiente adequado para o crescimento regional, o fomento ao empreendedorismo e a captação e retenção de investimentos com foco tecnológico, contribuindo dessa forma para um cenário favorável à inovação (Cavalcante; Fagundes, 2007; Ferreira; Teixeira; Flôr, 2016; Gomes *et al.,* 2018). A consecução desses objetivos requer o desenvolvimento de espaços específicos que facilitem a interação efetiva entre esses diversos agentes inovadores.

O Decreto Brasileiro n.º 9.283/2018 representa um marco relevante para o incentivo aos ecossistemas de inovação no Brasil, alinhando-se com a necessidade global de estimular a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação como propulsores do crescimento econômico e do bem-estar social. Este decreto, que atualiza e amplia o marco legal de Ciência, Tecnologia e Inovação, facilita parcerias entre universidades, centros de pesquisa e o setor privado. A legislação oferece, portanto, um alicerce para a criação e consolidação de *Habitats* de Inovação, que se configuram como espaços físicos ou virtuais que concentram empresas, *startups*, centros de pesquisa e outras entidades focadas na produção de inovações.

A importância das políticas públicas como o referido decreto transcende a simples facilitação burocrática ou incentivos fiscais. Elas atuam como catalisadores de uma cultura de inovação, criando condições para o surgimento de redes de colaboração, acesso a financiamento e, mais crucialmente, a transferência eficaz de conhecimento entre entidades acadêmicas e industriais. Deste modo, os Habitats de Inovação tornam-se mais que a soma de suas partes; emergem como ecossistemas de inovação complexos, onde a troca constante e a colaboração levam à produção de inovações de maior impacto (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000).

1.5.1 Os *Habitats* de Inovação

A intervenção estatal, por meio de políticas bem elaboradas, é indispensável para o alinhamento desses elementos, funcionando como um mecanismo de “orquestração” que permite a convergência de recursos e esforços para objetivos comuns. Nesse sentido, o decreto brasileiro é uma peça-chave para transformar o potencial inovador em resultados

tangíveis, configurando-se como uma estratégia nacional para dar suporte à inovação e à competitividade.

Desse modo, conforme Ferreira, Teixeira e Flôr (2016), os *Habitats de Inovação* são ambientes propícios para a promoção e desenvolvimento de atividades inovadoras, podendo ser físicos, como parques tecnológicos e incubadoras, ou virtuais, como redes e plataformas digitais de colaboração.

> Muitas são as tipologias e definições encontradas na literatura. Entretanto, dentre os principais Habitats de Inovação estão: Cidades Intensivas em Conhecimento, Cidades Inteligentes, Parques (Parques Científicos, Parques Tecnológicos, Parques Científicos e Tecnológicos, Parques de Inovação e Parques de Pesquisa), Centros de Inovação, Pré-incubadoras, Incubadoras, Aceleradoras Coworking e Makerspace. Há também os Núcleos de Inovação Tecnológica que são regulamentados pela Lei nº 13.243, de 11 de Janeiro de 2016, e buscam realizar a interação universidade-empresa e gerir a política de inovação (Teixeira; Almeida; Ferreira, 2016, p. 7).

Esses lugares reúnem diversos atores, como empresas, universidades, investidores e governo, facilitando a circulação de conhecimento, recursos e talentos necessários para a inovação (**Quadro 2**). Os elementos que compõem um *habitat* de inovação incluem infraestrutura adequada, capital humano qualificado, acesso a financiamento, e um conjunto de normas e políticas que incentivam a colaboração e a transferência de tecnologia (Ferreira; Teixeira, 2016).

HABITAT DE INOVAÇÃO	CARACTERÍSTICA DETALHADA	AUTORES
INCUBADORAS	Suporte estrutural e consultivo para *startups* de projeção no mercado, geralmente em estágios iniciais. Oferecem espaços de escritório, mentoria e acesso à rede de investidores. São serviços públicos e gratuitos por meio de editais. Estão nas universidades.	➢ Etzkowitz e Leydesdorff (2000); ➢ Dornelas (2002); ➢ Barquette (2002); ➢ Silva (2016).
ACELERADORAS	Investimento inicial em troca de participação acionária, mentoria intensiva e programas de treinamento acelerados. Assume o capital de risco com foco em escala e crescimento rápido. São serviços privados. Estão fora da universidade.	➢ Cohen e Hochberg (2014); ➢ Bergek e Norrman (2008); ➢ Abreu e Campos Neto (2016).
PARQUES TECNOLÓGICOS	Localização próxima a universidades e centros de pesquisa. Oferecem instalações de pesquisa avançada e cooperam com empresas. Recebem apoio de governos na forma de incentivos fiscais, subsídios e outros mecanismos de fomento à inovação.	➢ Medeiros (1990); ➢ Melo (2014); ➢ Dagnino (2003).
ESPAÇOS DE *COWORKING*	São espaços compartilhados e despojados projetados, especialmente, para atender às necessidades de *freelancers*, *startups* e pequenas empresas. Nesse ambiente acontece cooperação e redes de *network*. Facilidade em acessar recursos e eventos comunitários.	➢ Moriset (2014); ➢ Soares e Saltorato (2015); ➢ Mendes (2022).
CLUSTERS	Concentração geográfica de empresas e instituições em um setor específico. Facilitam o compartilhamento de recursos, mão de obra qualificada, conhecimento e informações.	➢ Porter (1998, 2000); ➢ Spinosa, Schlemm e Reis (2015); ➢ Bathelt, Malmberg e Maskell (2004).

Quadro 2: Os *habitats* que compõem os Ecossistemas de Inovação
Fonte: Elaborado pelo autor

Para que um ecossistema de inovação seja resistente e competitivo, a organização eficiente de seus *habitats* se torna imperativa. Quando bem estruturados, potencialmente atuam como pontos de interconexão, possibilitando o fluxo otimizado de recursos, conhecimentos, informações e capital humano entre os elementos que o compõem na dimensão espacial, assim, as ações colaborativas entre instituições acadêmicas, governos e empresas são fundamentais nesse processo. É possível manifestar que a sistematização eficaz desses *habitats* pode resultar no aumento significativo de inovações disruptivas, redução no

tempo que os produtos e serviços entram no mercado, bem como manter a vitalidade e sustentabilidade do ecossistema em todos seus aspectos.

A lei brasileira sobre os aspectos legais da inovação constituiu-se como um divisor de águas no ambiente tecnológico e científico nacional, ao estabelecer um arcabouço legal para a promoção e integração entre academia, setores empresariais e governo (Brasil, 2004). Tal legislação abriu portas para que os habitats da inovação, como incubadoras, parques tecnológicos e centros de pesquisa crescessem e se tornassem cada vez mais dinâmicos, criando interfaces e relações profundas entre os agentes envolvidos no processo da inovação.

Portanto, leis que incentivem *Habitats* de Inovação são indispensáveis para o desenvolvimento econômico, científico e tecnológico. Elas proporcionam que haja colaboração entre empresas, instituições de pesquisa e governo, fornecendo o suporte regulatório e financeiro necessário para a inovação. O papel da legislação está em se tornar uma ferramenta vital no estímulo de ambientes inovadores visando potencializar o crescimento econômico nas múltiplas escalas territoriais: local, regional ou nacional.

Neste sentido, ambientes propícios à inovação no território brasileiro ganharam notoriedade porque foram beneficiados por essa lei. Essa condição se torna verossímil devido à interconexão bem orquestrada entre os atores é primordial para acelerar o ciclo de inovação, desde a geração de conhecimento até sua aplicação prática e comercialização (Zen; Hauser; 2005; Teixeira; Ehlers; Reitz, 2018). Assim, a Lei de Inovação de 2004 não apenas incentivou o surgimento de Habitats de Inovação, mas também instigou uma organização mais eficiente dos mesmos, contribuindo de forma substancial para a robustez e competitividade do ecossistema de inovação brasileiro (Ferreira; Teixeira; Flôr, 2016).

No contexto de Santa Catarina, Teixeira, Ehlers e Reitz (2018) indicaram que os parques científicos e tecnológicos do estado foram, indubitavelmente, elementos-chave na criação de um ambiente propício à inovação no âmbito regional. De forma paralela, Zen e Hauser (2005) ao analisarem o rumo das políticas públicas em inovação na cidade de Porto Alegre, destacaram que os projetos de lei formulados para transformar áreas urbanas em centros dedicados à pesquisa tecnológica surtiram efeitos positivos no desenvolvimento local.

> A criação de Habitats de Inovação é uma das principais políticas utilizadas no desenvolvimento regional e local, sendo também um dos pré-requisitos para a consolidação de uma tecnópole [...]. A geração de ambiente inovador envolve aprendizagem coletiva mediante a transferência de conhecimento, imitação de práticas gerenciais de sucesso comprovado e implementação de inovações tecnológicas no processo de produção. Nesse ambiente é intenso o intercâmbio entre os diversos agentes de inovação: empresas, instituições de

> pesquisa e agências governamentais; constituindo-se em um ambiente que congrega fatores favoráveis ao processo de inovação contínua (Zen; Hauser, 2005, p. 8).

A cooperação harmoniosa entre empresas, instituições de pesquisa e agências governamentais é vital para estabelecer um ambiente propício à inovação contínua. Cada um desses agentes desempenha um papel significativo: as empresas aplicam e comercializam as inovações, as instituições de pesquisa fornecem conhecimento técnico e o governo oferece o suporte regulatório e financeiro necessário. Quando esses componentes interagem de forma eficaz, criam um ambiente, ou seja, um *habitat* enriquecedor para o surgimento e a aplicação de novas ideias e tecnologias, contribuindo para o crescimento econômico em escala local e regional.

> Os Habitats de Inovação são espaços diferenciados, propícios para que as inovações ocorram, pois são locus de compartilhamento de informações e conhecimento, formando networking, e permitem minimizar os riscos e maximizar os resultados associados aos negócios. O habitat da inovação permite a integração da tríplice e procura unir talento, tecnologia, capital e conhecimento para alavancar o potencial empreendedor e inovador (Teixeira; Almeida; Ferreira, 2016, p. 8).

A lei brasileira sobre os aspectos legais da inovação constituiu-se como um divisor de águas no ambiente tecnológico e científico nacional, ao estabelecer um arcabouço legal para a promoção e integração entre academia, setores empresariais e governo (Brasil, 2004). Tal legislação abriu portas para que os habitats da inovação, como incubadoras, parques tecnológicos e centros de pesquisa crescessem e se tornassem cada vez mais dinâmicos, criando interfaces e relações profundas entre os agentes envolvidos no processo da inovação.

A Lei de Inovação surgiu em contexto economicamente favorável e virtuoso para o país, sobretudo, com a escalada nacional no âmbito das relações internacionais e do comércio exterior no âmbito das *commodities*. Rauen (2017, p. 21) menciona que a Lei nº 10.973 de 2004 estabeleceu-se seguindo o aparato e exemplo francês, podendo, assim, ser definida como: “um arcabouço jurídico-institucional voltado ao fortalecimento das áreas de pesquisa e da produção de conhecimento no Brasil, em especial da promoção de ambientes cooperativos para a produção científica, tecnológica e da inovação”.

Portanto, observa-se que leis como essas que incentivem os *Habitats de Inovação* tornam-se indispensáveis para alavancar o desenvolvimento econômico, científico e tecnológico nacional. O estímulo institucional proporciona que haja colaboração entre empresas, instituições de pesquisa e governo, fornecendo o suporte regulatório e financeiro

necessário para a inovação. O papel da legislação está em se tornar uma ferramenta vital no estímulo de ambientes inovadores visando potencializar o crescimento econômico nas múltiplas escalas territoriais: local, regional ou nacional.

Neste sentido, ambientes propícios à inovação no território brasileiro ganharam notoriedade, uma vez que foram beneficiados por essa lei como, por exemplo, a organização dos primeiros parques científicos e tecnológicos presentes na cidade de São Carlos (São Carlos *Park Science*) e na cidade de São José dos Campos, ambas presentes no interior do estado de São Paulo (Melo, 2014). Essa condição se torna verossímil devido à interconexão bem orquestrada entre os atores é primordial para acelerar o ciclo de inovação, desde a geração de conhecimento até sua aplicação prática e comercialização (Zen; Hauser; 2005; Teixeira; Ehlers; Reitz, 2018).

Desta maneira, a Lei de Inovação de 2004 não apenas incentivou o surgimento de *Habitats de Inovação*, mas também instigou a organização mais eficiente dos mesmos, contribuindo de forma substancial para torná-los grandiosos e competitivos no cenário dos ecossistemas de inovação brasileiro (Ferreira; Teixeira; Flôr, 2016).

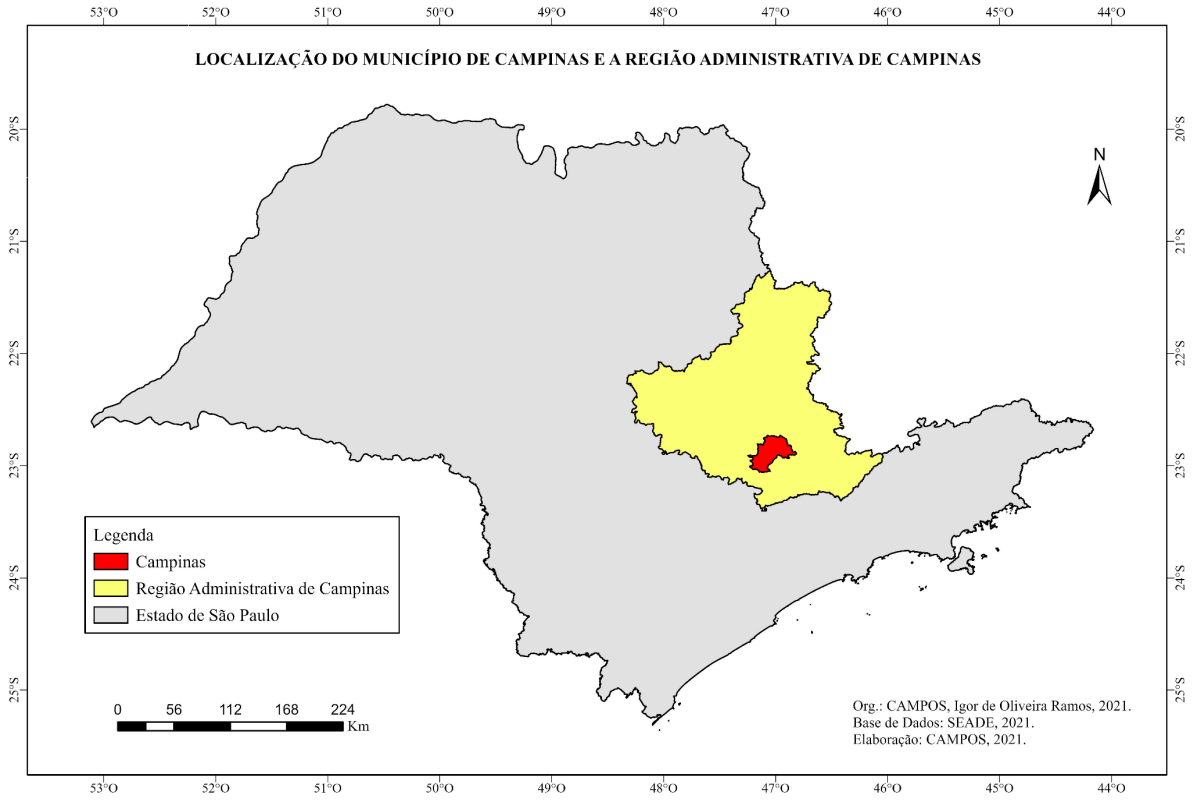
Os *Habitats de Inovação* desempenham um compromisso central na configuração de territórios inovadores. Seus ambientes comportam parques científicos, tecnológicos, universidades e laboratórios de pesquisa avançada; neles há a presença de indivíduos qualificados, bem como governantes, pesquisadores, empresários, investidores, entre outros. A organização e gestão desses espaços são cruciais para potencializar a produção do conhecimento, acelerar a comercialização de tecnologias emergentes e, consequentemente, consolidar a competitividade e resiliência brasileira no cenário de inovação no contexto regional sul-americano.

CAPÍTULO 2 — RECORTE ESPACIAL: O MUNICÍPIO DE CAMPINAS (SP)

Campinas está localizada no interior do estado de São Paulo, a aproximadamente 100 quilômetros ao Norte da capital. A posição dos pontos de referência cartográfica indica a sua posição na área Leste do território paulista, a 47° 04′ 40″ de longitude Oeste e 22° 53′ 20″ de latitude Sul, com um relevo médio de 680 metros ao nível do mar.

O seu território apresenta 794,571 km², com uma área urbana de 245,14 km². A população campineira é uma das mais elevadas, em comparação a outras regiões brasileiras. Ocupa a 10° posição nacional, 2° posição no estado paulista e 1° lugar em sua região geográfica imediata. Logo, Campinas é um dos municípios mais urbanizados de todo o país.[8]

É possível notar que, atualmente, se manifesta como um dos centros urbanos mais dinâmicos do país. Entretanto, sua relevância está relacionada a um passado de grandes eventos que a transformou num ponto de referência no estado de São Paulo, proporcionando condições favoráveis para diversas atividades econômicas.



Mapa 1: Localização do município de Campinas
Fonte: SEADE (2021). Organizado e elaborado pelo autor

[8] IBGE Cidades. 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama. Acesso em: 15 jun. 2023.

O início da história de Campinas remonta à primeira metade do século XVIII. O povoamento da região foi concebido pelas sesmarias, prática comum no período colonial português, pautada na distribuição de terras improdutivas por intermédio de doações, para torná-las habitadas e produtivas.

A necessidade de investigar o potencial econômico nas terras doadas, permitiu a abertura de estradas e caminhos pelos bandeirantes. Essas rotas possuíam o objetivo de auxiliar e estimular o comércio entre as localidades. As terras que futuramente seriam campineiras estavam nessas rotas e, a princípio, foram ocupadas no ano de 1721, tornando-se locais de pouso para viajantes (Roxo, 2020).

Apesar de ter sido habitada inicialmente em 1721, a região permaneceu inativa por alguns anos. A dinâmica inexpressiva foi substituída em 1739, quando Barreto Leme chegou ao rústico bairro rural. Em 27 de maio de 1774, o próprio Barreto Leme recebeu o título de "fundador, administrador e diretor" do povoado em processo de formação (Baeninger, 1992).

Rosa e Mendes (2014, p. 39) sinalizaram que a cidade se constituiu administrativamente com o surgimento do distrito de "Nossa Senhora da Conceição, criado por meio da Portaria de 27 de maio de 1774 ou 1775, vinculado ao município de Jundiaí".

Sobre o distrito criado e organizado, nota-se:

> Foi elevado à categoria de município e desmembrado de Jundiaí com a denominação de São Carlos, pela Portaria de 4 de novembro de 1797 e ordem régia de 16 de novembro de 1797. Enfim, em 1842, a Lei n° 5 ou 181, de 5 de fevereiro, elevou o município à categoria de cidade, dando-lhe a denominação de Campinas (Rosa; Mendes, 2014, p. 40–41).

A economia local se desenvolveu com foco na agricultura, que se iniciou com o plantio da cana e a produção de açúcar. Gradativamente se especializou no comércio do produto: "em 1836, Campinas produziu 160 mil arrobas de açúcar nos 93 engenhos existentes, além da cachaça" (Caiado *et al.*, 2002, p. 101).

Mesmo bem-sucedida no plantio da cana e nos processos dos engenhos, a produção estava abaixo da expectativa em relação ao volume de fluxos provenientes do Nordeste brasileiro e de outros mercados internacionais (Caiado *et al.*, 2002). Os produtores campineiros não estavam conseguindo competir de maneira igualitária, por isso, decidiram ampliar os horizontes da produção agrícola.

Dessa forma, os fazendeiros da cidade chegaram à conclusão de que também deveriam cultivar e comercializar o café, para seguir a tendência do mercado brasileiro. A partir daquela época, os cafezais se expandiram por inúmeros rincões das fronteiras nacionais. O Brasil

controlava três de quatro parcelas de toda a oferta global nas décadas finais do século XIX (Furtado, 2007; Cano, 2007).

O êxito econômico do café privilegiou sobremaneira algumas cidades do país. Na região de Campinas, por exemplo, o saldo foi positivo, uma vez que assumiu a primeira posição no contingente total da produção no estado:

> Na década de 1860, a região já era a maior produtora do estado e Campinas o mais rico município paulista. Na década seguinte, a cidade comportava mais de 300 cafeicultores e exportava 1,3 milhão de arrobas de café, sendo conhecida como a capital agrícola da província. O crescimento populacional também era destacado, passando a ser a mais populosa da província, com 33 mil indivíduos, suplantando a capital que tinha 26 mil (Caiado *et al.*, 2002, p. 101).

Campinas se tornou um dos principais centros produtores de café do Brasil. A eficiência das fazendas locais e qualidade do produto, a garantiu liderança econômica no interior paulista durante a virada do século XIX para o XX (Baeninger, 1992; Roxo, 2020).

Entretanto, nos anos seguintes sobreveio a crise mundial de 1929 e os preços relativos ao comércio internacional, sobretudo de produtos agrícolas, minguaram nas bolsas de valores. Essa conjuntura afetou drasticamente a economia brasileira que dependia não somente da exportação do café, mas também da importação de insumos e produtos industriais para atender a demanda interna.

Apesar da situação, tais circunstâncias não interferiram nas heranças territoriais e econômicas consolidadas no passado cafeeiro. Na verdade, o capital acumulado, desde o período de produção e comercialização do café, asseguraram uma quantia considerável de reservas financeiras para investimentos empresariais em outras frentes produtivas. Nesse sentido, é possível enfatizar que "a estrutura e a acumulação de capital deixadas pelo complexo cafeeiro permitiram a instalação de importantes indústrias no município […]. O estímulo ao investimento industrial ampliou a capacidade produtiva, promovendo sua diversificação" (Baeninger, 1992, p. 49).

Em 1933, diante da perspetiva política de substituição de importações, adotada no Brasil, o governo paulista elaborou estratégias que culminaram um "surto industrializante" no estado:

> Os fatores que condicionaram esse surto industrial, foram: existência de uma classe empresarial resultante de uma mescla de raças não encontrada em outras partes do país; mão-de-obra especializada, fornecida pela imigração europeia; disponibilidade de capitais; rápido aumento na capacidade

> instalada de energia elétrica; rede de transportes razoavelmente desenvolvida pela economia cafeeira; e finalmente, um mercado de proporções relativamente grandes, em comparação a outras regiões do país. Com isso, passou o estado paulista a representar a maior concentração industrial do país, e talvez da América Latina (Suzigan, 1971, p. 99).

Cano (1998, p. 244) prossegue o argumento abordando que São Paulo, ao resolver utilizando o capital cafeeiro "pioneiramente sérios problemas de infraestrutura, como o de transportes ferroviários, o do porto marítimo, o de comunicações e de urbanização, estava ao mesmo tempo criando um acúmulo de economias externas que beneficiaram a formação industrial […]" em seu território.

Portanto, todos esses investimentos simplesmente foram possíveis devido à aglomeração de heranças materiais e imateriais provindas da exportação do café. Seguramente, o capital cafeeiro acumulado não somente financiou a construção de infraestruturas, mas também proporcionou condições favoráveis para que muitas cidades se especializassem na produção de artigos industriais.

Após uma década difícil, em relação ao comércio internacional, principalmente para os cafeicultores brasileiros, eis que surgiu, no final dos anos 1930 e início de 1940 alguns polos industriais promissores, mormente na extensão da região metropolitana paulistana. O cenário da recessão fechou diversos postos de trabalho nas lavouras de café, desamparando os que viviam nas colônias das fazendas. Por esse motivo, uma fração considerável dos trabalhadores rurais, desempregados em decorrência da estagnação econômica, se deslocaram para os centros urbanos tornando-se operários nas fábricas (Cano, 1998).

Muitos trabalhadores rurais migraram para as cidades em busca de novas oportunidades, melhores condições de vida e salário. A indústria de transformação, metalurgia, siderurgia, automobilística, minerais não metálicos, química, têxtil e produtos alimentares foram os principais postos ocupados por eles no período (Suzigan, 1971; Semeghini, 1988; Ianni, 1996; Cano, 1998).

O cenário político e econômico brasileiro, no período compreendido entre 1930 e 1945, proporcionou crescimento significativo do parque industrial. As políticas desenvolvimentistas adotadas por Getúlio Vargas incentivaram uma série de investimentos estatais que validaram a autonomia à produção nacional. Dessas iniciativas, surgiram importantes indústrias de base que contribuíram para a projeção industrial do país, com ênfase geográfica, sobretudo, nas regiões Sul e Sudeste (Ianni, 1996; Sposito; Santos, 2012).

Alguns anos depois, a implementação do Plano de Metas (1956–1960) com Juscelino Kubitschek também aprimorou a influência do segundo setor na economia brasileira. As

políticas da década melhoraram o parque industrial e facilitaram o acesso de empresas multinacionais ao mercado nacional. O capital estrangeiro que entrou no país construiu fábricas e gerou postos de trabalhos, vinculados, principalmente, à indústria automobilística cujas unidades, a princípio, se concentraram na região metropolitana de São Paulo (Ianni, 1996; Sposito; Santos, 2012).

Com o aumento substancial da população urbana, muitas pessoas recém-chegadas às cidades procuravam emprego nas fábricas. Embora a cidade de São Paulo mantivesse a liderança no desenvolvimento industrial, outras áreas urbanizadas começaram igualmente a crescer, tal qual Campinas:

> O processo de urbanização no Estado já era intenso nesse período. O êxodo rural trouxe à cidade uma mão-de-obra relativamente qualificada e de baixo custo, especialmente para as indústrias que começaram a surgir. Campinas constituía-se no segundo núcleo manufatureiro de São Paulo, perdendo apenas para a capital (Baeninger, 1992, p. 50).

A cidade de São Paulo se despontou como a mais industrializada do país no período e, além disso, começou a ser reconhecida como centro nacional de transações comerciais e atividades financeiras. Entretanto, Campinas, devido sua relevância produtiva, efetivou-se como a segunda cidade manufatureira mais importante do estado, ou seja, seu potencial industrial havia se tornado uma referência nacional.

Segundo Baeninger (1992) e Caiado *et al.* (2002), os índices relativos à participação da indústria na economia campineira deslanchou a partir de 1970, sobretudo, no desenvolvimento da agroindústria. Os autores apresentaram dados que comprovam que o governo federal ao incentivar a produção de etanol, mediante políticas organizadas no Proálcool, em 1975, se reverteu em benefícios influentes para o crescimento e expansão agroindustrial na região.

A agroindústria estabeleceu novos vínculos municipais e, consequentemente, fortaleceram gradativamente às relações diretas entre eles:

> Nesse contexto, a instalação de indústrias e agroindústrias na região intensificou a conurbação de municípios e a tendência a um processo de metropolização. A política de abertura de novas estradas e recuperação e melhoria das já existentes […] Distante apenas 98 km da sede da Região Metropolitana de São Paulo, o município de Campinas é, hoje, à capital regional mais industrializada, mais urbanizada e de maior atração de população no interior do estado de São Paulo (Baeninger, 1992, p. 13–14).

Nesse caso, a configuração da zona metropolitana resultou no aumento do fluxo intermunicipal de pessoas, produtos, oportunidades de trabalho e também da atuação da indústria, do comércio e dos serviços na região. Devido às condições infraestruturais, Campinas se firmou como um local de atração para vários investimentos e indústrias nacionais e internacionais, que elevaram ainda mais a relevância industrial e econômica da cidade.

Rosa e Mendes (2014, p. 47) citaram a importância planejamento infraestrutural no interior paulista, mormente para o desenvolvimento econômico e social do entorno campineiro: "a localização geográfica e o sistema viário regional foram fatores primordiais no desenvolvimento da agroindústria, permitindo a ligação com regiões produtoras de matérias-primas e os mercados consumidores, e os terminais de exportação".

Caiado *et al.* (2002, p. 106) descreveram sobre o assunto que "com efeito, na década de 70, a região de Campinas foi a que mais recebeu investimentos […]. Entre os anos 50 e 70, grandes empresas estrangeiras instalaram-se no município". É inegável salientar que as infraestruturas disponíveis foram condicionantes para a instalação dessas empresas, exigindo políticas que visem preservar, aprimorar ou criar outras novas que atendessem às demandas de mobilidade das pessoas, bem como do transporte da produção das fábricas recém-implantadas.

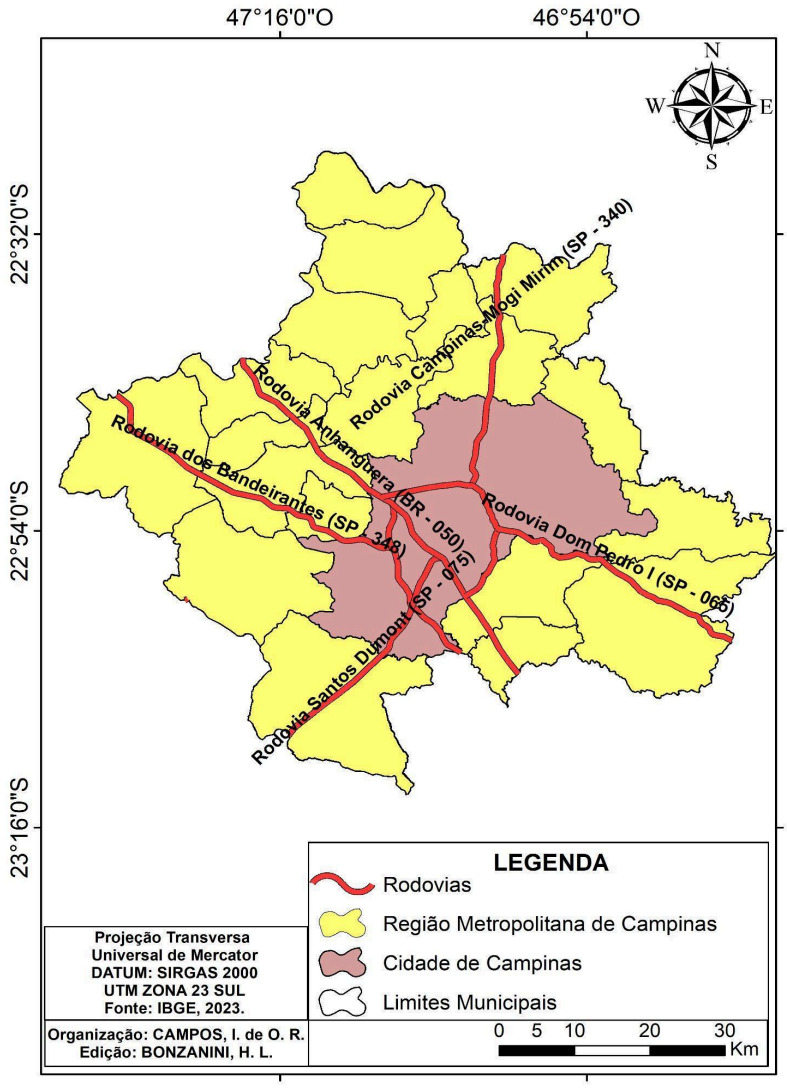
Rosa e Mendes (2014, p. 47) relatam que algumas rodovias foram revitalizadas e outras surgiram consagrando novas rotas e acessos em Campinas: por intermédio da "construção de grandes rodovias, como a Rodovia Anhanguera no ano de 1948, […], Campinas consolidou-se como importante entroncamento rodoviário no estado de São Paulo". Ao se tornar um importante cruzamento rodoviário, diversos condomínios industriais, empresariais e logísticos se estabeleceram em suas margens. Centros de distribuição comercial também se instalaram na extensão, visando otimizar a logística e reduzir custos de frete e transporte, favorecendo, por conseguinte, o desenvolvimento econômico e social da região (Mendes, 2020).

A Rodovia Anhanguera (SP-330) é considerada uma das mais significativas já construídas no país, porque conecta reconhecidos municípios na magnitude de 453 quilômetros. Essa rota interliga as cidades de São Paulo, Campinas e Limeira com entroncamento de acesso à Rodovia Washington Luís (SP-310), cujo destino conecta Rio Claro, São Carlos, Araraquara e São José do Rio Preto (Caiado *et al.,* 2002).

Todas essas rodovias, quando inauguradas, motivaram repentino crescimento de atividades industriais nas cidades localizadas na extensão do modal, sobretudo, as que

compunham as regiões metropolitanas. A mobilidade simplificada que as rodovias proporcionaram, organizaram a interação e interdependência entre diferentes unidades territoriais do estado, formando, consequentemente, um sistema integrado e interconectado de atividades industriais

A revitalização e construção de novas rodovias que envolveram Campinas e sua região metropolitana, auxiliaram verdadeiramente no desenvolvimento econômico local. “No caso de Campinas, foram fatores indutores dessa expansão [industrial] a Via Anhanguera e a presença de importante linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão” (Baeninger, 1992, p. 57). Desse modo, nota-se que um complexo sistema rodoviário se tornou condição indispensável para o desenvolvimento do espaço industrial que se constituíram no município (**Mapa 2**).



Mapa 2: Principais Rodovias na Região Metropolitana de Campinas (SP)
Fonte: IBGE. Elaborado pelo autor

O projeto político estadual de aperfeiçoar as infraestruturas, que ocorreram entre 1970 e 1980, impactou positivamente a dinâmica local e regional de Campinas, tornando-a uma referência industrial no interior do estado de São Paulo. Os investimentos prefiguram fatores locacionais clássicos e contemporâneos, recrutando diversos empreendimentos industriais que, dada as características logísticas do município, foi o escolhido para iniciar suas atividades produtivas.

Rosa e Mendes (2014, p. 50) enfatizaram a importância da construção da Rodovia Dom Pedro I para Campinas:

> A Rodovia Dom Pedro I, denominada oficialmente SP-065, faz a ligação do Vale do Paraíba (São José dos Campos, Taubaté) com a região de Campinas, partindo da rodovia Henrique Eroles, em Jacareí, cruzando com as rodovias Carvalho Pinto e com a Rodovia Presidente Dutra ainda na altura de Jacareí, com a Rodovia Fernão Dias nas intermediações de Atibaia, com a Rodovia Adhemar Pereira de Barros em Campinas, que oferece acesso ao sul de Minas Gerais e a rodovia General Milton Tavares, também em Campinas. A rodovia termina no acesso ao quilômetro 103 da Rodovia Anhanguera. Recebeu esse nome por ser inaugurada em 1972, anos do sesquicentenário da independência do Brasil.

Em síntese, os investimentos em obras rodoviárias que abarcam e conectaram Campinas a outras localidades do estado e do país, somados à proximidade com a capital paulista, potencializaram a mobilidade das pessoas e das mercadorias. Todo esse complexo sistema de engenharia territorial organizado engendra, inclusive, o desenvolvimento de serviços especializados.

Campinas não se destaca apenas pela complexidade do modal rodoviário adjacente e qualidade dos serviços oferecidos. Analogamente, o transporte aéreo também se transfigura como importante fator locacional para o município e região. Viracopos, foi fundado na década de 1930 e elevado à categoria de Aeroporto Internacional em 1960. Atualmente ele é considerado um dos mais importantes do país (Cappa, 2011; Rosa; Mendes, 2014; Mendes, 2020).

O Aeroporto Internacional de Viracopos alcançou projeção extraordinária na América do Sul por suportar volumoso fluxo de mercadorias, cuja dinâmica possibilita, hoje, estudos teóricos relacionados à organização de aerotrópolis, ou seja, espaços inteligentes que oferecem complexa rede de comércio e serviços especializados (Mendes, 2020).

> [...] o Aeroporto Internacional de Viracopos-Campinas (VCP) possibilita de maneira eficiente os intensos fluxos de cargas nacionais e internacionais,

> disponibilizando todas as infraestruturas logísticas necessárias para atender às demandas das diversas cadeias produtivas envolvidas, contribuindo, sobremaneira, para o desenvolvimento econômico regional e nacional (Mendes, 2020, p. 125).

A essência deste argumento reside na premissa de que a integração dos sistemas de transporte rodoviários, como os mencionados anteriormente, juntamente com aeroportos bem equipados, são imprescindíveis para a fluidez logística, elemento-chave para o desenvolvimento local.

Kasarda e Lindsay (2012) destacam a capacidade dos aeroportos de impulsionar o desenvolvimento econômico e urbano, integrando uma variedade de atividades industriais, comerciais e de serviços em suas adjacências. Essa perspectiva originou o conceito de Aerotrópolis, que concebeu os aeroportos como catalisadores de crescimento e urbanização, graças à sua infraestrutura complexa e conexões logísticas. Mendes (2020) observa que o Aeroporto Internacional de Viracopos exibe atributos que, no futuro, poderiam alinhá-lo às tipologias definidas por esse conceito.

O Aeroporto Internacional de Viracopos A capacidade de atender às demandas de tráfego aéreo e transporte de cargas nessa unidade chegou, em 2022, ao expressivo patamar de 357 mil toneladas[9]. O trânsito geográfico das mercadorias nos terminais do aeroporto indicam que as exportações se distribuem por 150 países nos cinco continentes, representando 40% das exportações nacionais. Adicionalmente, mais de 80 países enviam os seus produtos para o Brasil por meio dos serviços oferecidos em Viracopos. Essa procura se deve ao fato de que nele há um "completo Centro de Treinamento para todos os envolvidos em atividades aeroportuárias nas áreas de *Safety*, *Security* (segurança da aviação civil), Transporte de Cargas Perigosas (DGR — *Dangerous Goods*), Transporte de Animais Vivos, dentre outros" (Rosa; Mendes, 2014, p. 53).

Viracopos contribui em funções estratégicas relevantes, fornecendo suporte logístico para operações industriais de empresas que estão inseridas nos mecanismos da economia contemporânea. Conforme salientou Cappa (2011, p. 120): "essa economia é caracterizada por

[9] Em anos anteriores, em 2021, por exemplo, o Terminal de Carga (TECA) atingiu recorde de movimentação de carga com 364,3 mil toneladas. Já em 2020, no mesmo período, foram movimentadas 206,1 mil toneladas. Em 2019, no ano pré-pandemia, o TECA movimentou 221,9 mil toneladas de carga. Neste período, se destacaram, novamente, os setores: farmacêutico, metalmecânico, químico, de tecnologia, automotivo e de vestuário. Hoje, Viracopos é o maior aeroporto em importação de carga do país, movimentando 40% de toda a carga que chega ao Brasil pelo modal aéreo. Mais detalhes e informações estão disponíveis em: https://www.viracopos.com/pt_br/noticias/viracopos-encerra-2022-com-357-mil-toneladas-de-cargas-movimentadas-e-2-maior-marca-da-historia.htm. Acesso em: 7 abr. 2023.

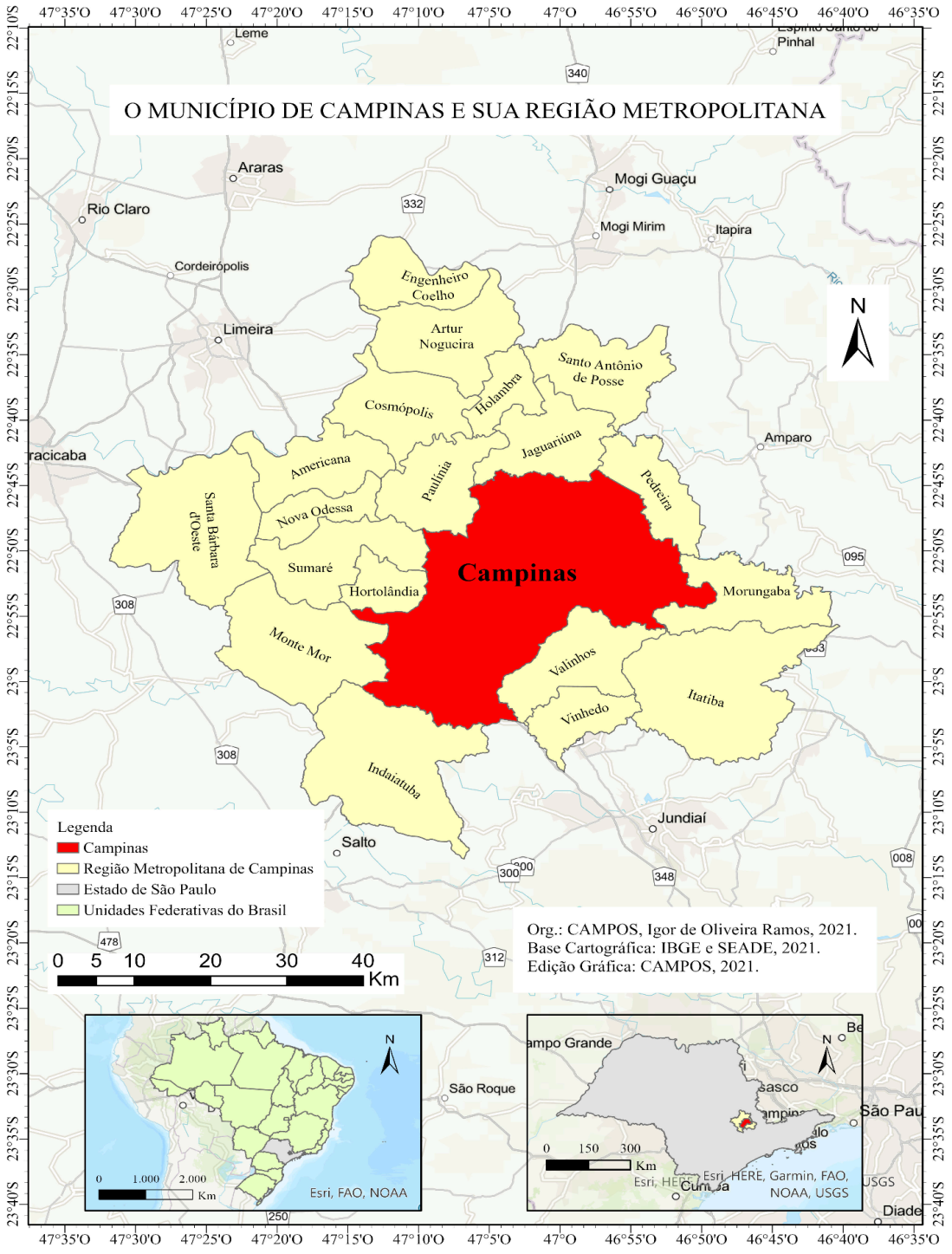
um ambiente de concorrência marcada pelo intenso processo de inovações tecnológicas, pelo aumento na velocidade das transações no mercado mundial de capitais […]".

A variedade das infraestruturas existentes na região de Campinas constituiu um ambiente propício para a difusão da "economia em rede, produção em rede e inovação em rede" (Cappa, 2011, p. 120), consequentemente, tornando-a evidente na atração de atividades industriais sofisticadas vinculadas à alta tecnologia. Os serviços oferecidos revelam que o espaço campineiro está capacitado e se compromete fidedignamente a segurança da qualidade deles durante todo o processo prestado.

Nos mecanismos da economia contemporânea, cidades que possuem aeroportos de excelência, oferecem vantagens competitivas. O complexo infraestrutural de uma região permite integração e mobilidade de pessoas, bens e serviços. Nesse sentido, as rodovias e os aeroportos são exemplos de como a organização delas simplificam a conexão entre os lugares, ampliando os horizontes e possibilidades de trocas comerciais, culturais e sociais. Ademais, a rede infraestrutural contribui para a valorização do espaço e estimula a presença de investimentos, gerando empregos e melhorando a qualidade de vida da população.

2.1 A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS (RMC): PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TERRITORIAIS E URBANAS

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) foi criada pela lei complementar estadual 870, de 19 de junho de 2000. Os municípios agrupados nela são: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Morungaba, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo. Estão todos distribuídos em uma área de 3.647 km², equivalente a 1,47% do território paulista (**Mapa 3**).



Mapa 3: Localização Geográfica da Região Metropolitana de Campinas
Fonte: IBGE (2021). Organizado e elaborado pelo autor

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a estimativa populacional dos municípios da RMC abrange o total de 3.342.707 habitantes. Quando

comparados na densidade urbana, Campinas se consagra como o mais populoso da região, contabilizando 1.213.792, ou seja, 1.432,61 habitante por quilômetro quadrado[10].

Em termo econômicos, a RMC teve uma participação de 0,9% no PIB nacional e 18,7% na arrecadação estadual, graças à diversidade e modernidade do seu parque industrial, à relevância agropecuária, à coesão na agroindústria e à presença de serviços especializados e inovadores (SEADE, 2022). Ademais, a região também dispõe de complexas redes de telecomunicações, abastecimento elétrico, engenharia e transportes, saneamento básico e esgoto e satisfatória disponibilidade hídrica.

O breve histórico sobre as bases produtivas que constituíram a RMC expressa que ela passou por várias transformações no âmbito econômico. Primeiramente, no início do século XIX, a cultura da cana e a fabricação de açúcar foram responsáveis por gerar mercadorias. Posteriormente, na metade do mesmo século, iniciaram-se as lavouras de café na região, tornando-a a maior produtora do estado de São Paulo. A atividade cafeeira a garantiu posição privilegiada e de influência na economia e na política, possibilitando sua fácil conexão a vários centros urbanos dada a construção das ferrovias.

Os momentos que sucederam à crise cafeeira, nos anos 1930, provocaram grandes mudanças na estrutura produtiva campineira. Entre o intervalo das décadas de 1930 e 1960 a indústria, o comércio e os serviços predominaram na economia dos centros urbanos. Nesse ínterim, algumas cidades paulistas se especializaram na atividade industrial, sobretudo, a produção têxtil, cujo destaque se estendeu aos municípios de Campinas, Americana e Indaiatuba (Rosa; Mendes, 2014).

Portanto, é possível observar que a extensão geográfica do que se estabelece, hoje, como RMC, passou por diversas fases econômicas desde o século XIX. A urbanização propriamente dita, começou na região de Campinas com o cultivo da cana e os engenhos para a produção de açúcar, experiência agrícola que a tornou, em seguida, na maior cidade produtora de café do estado de São Paulo. Decerto a crise cafeeira abalou a produtividade agrária campineira, mas também permitiu que ela se adaptasse e promovesse uma diversificação industrial, comercial e dos serviços, principalmente no segmento da indústria têxtil.

Rosa e Mendes (2014, p. 59) destacaram que o desenvolvimento histórico das atividades produtivas em Campinas fortaleceu não somente sua economia, mas também a região:

---

[10] Informações baseadas em dados fornecidos pelo IBGE Cidades. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 10 jul. 2023.

> A evolução socioeconômica e espacial da região, transformou-a em um espaço metropolitano com uma estrutura produtiva moderna, com alto grau de complexidade e grande riqueza concentrada em seu território. A infraestrutura de transportes, a proximidade do maior mercado consumidor do país, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o sofisticado sistema de ciência e tecnologia, a mão de obra altamente qualificada, entre outros, deram à RMC vantagens para instalação de novas empresas e para formação de arranjos produtivos nas áreas de petroquímica, têxtil, cerâmica, flores, entre outros.

A formação do espaço metropolitano de Campinas aconteceu no mesmo momento em que diversas indústrias na cidade de São Paulo enfrentavam alguns impasses. A ebulição de movimentos sindicais, custos logísticos elevados, falta de espaço para aumentar a planta das fábricas, entre outros fatores, desenvolveram condições suscetíveis para fomentar as chamadas "deseconomias de aglomeração". Essas unidades produtivas buscaram outros lugares que disponibilizassem melhores condições de produção e do escoamento ágil das mercadorias, bem como locais que diminuíssem os embates sindicais e os congestionamentos que elevavam os custos de operação e logística.

Segundo Mendes (1991), a década de 1970 foi marcada pela relativa desconcentração industrial no estado de São Paulo, um processo que resultou na migração de fábricas da RMSP para cidades do interior paulista. Contudo, o desconcentrar das unidades produtivas não se prolongaram nas sedes administrativas e financeiras, elas ainda estavam centralizadas na cidade de São Paulo — importante e dinâmica metrópole no âmbito nacional e global.

A fim de manter suas sedes próximas aos centros de comando administrativo, a relativa desconcentração das indústrias atingiram, inicialmente, o raio de 150 quilômetros da capital paulista, abrangendo alguns entornos metropolitanos. As principais contempladas nessa distribuição das atividades industriais foram as regiões administrativas de Campinas, Vale do Ribeira, Baixada Santista e Sorocaba (Mendes, 1991).

Segundo Rosa e Mendes (2014, p. 61), "a RMC se articula intensamente com a capital do estado, São Paulo — a maior metrópole nacional — devido à sua proximidade com ela, e exerce uma intensa centralidade e predomínio sobre outros importantes centros". Dessa maneira, é possível elencar Campinas como uma cidade de grande influência e liderança no cenário regional, dada sua proeminência em detrimento de outras localidades do estado de São Paulo.

Em 2020, o IBGE (2020) publicou o último relatório da REGIC (Regiões de Influência das Cidades) que avaliou as características hierárquicas da rede urbana brasileira, com base no fluxo de informações, bens e serviços. O estudo revelou que Campinas está

inserida no primeiro nível da hierarquia urbana — uma classificação dedicada apenas para algumas capitais estaduais. Desse modo, é possível observar a relevância de ordem econômica e social que Campinas vem desempenhando no cenário nacional.

> O Arranjo Populacional de Campinas/SP é a única Cidade que não é Capital Estadual dentre as que compõem o primeiro nível da hierarquia urbana. O ingresso de Campinas no grupo de Metrópoles se deve ao alto dinamismo empresarial existente tanto no núcleo quanto na área de influência, bem como ao porte demográfico, que ultrapassa os 2 milhões de habitantes. Localizada no interior do Estado de São Paulo, a menos de 100 km da Grande Metrópole Nacional, a rede de Campinas se estende para o norte e divide influência tanto com a Metrópole de São Paulo quanto com Belo Horizonte, conforme seu alcance se aproxima de Minas Gerais […] A renda gerada pelas atividades econômicas existentes na região de influência de Campinas produziu o maior valor de PIB per capita dentre as Metrópoles, alcançando quase R$ 49 mil anuais por habitante (IBGE, 2020).

A região possui uma estrutura e organização geográfica que influencia diretamente na presença de indústrias de alta tecnologia. Essa projeção industrial sofisticada a transformou no terceiro parque industrial de maior relevância no cenário nacional, somente superado pelas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Nessa localização, "a indústria abriga setores modernos e plantas industriais articuladas em grandes e complexas cadeias produtivas, com relevantes participações na produção estadual" (Rosa; Mendes, 2014, p. 62).

A RMC é uma das regiões mais dinâmicas e prósperas do Brasil. Nela se destacam as produções industriais no segmento da química e petroquímica, produtos farmacêuticos, componentes elétricos e eletrônicos, sistemas de telecomunicações e fábricas de material metal-mecânico (Jóia; Selingardi-Sampaio, 1995).

O **Gráfico 1** revela que o estado de São Paulo recebeu nos últimos anos grande volume de investimentos para o desenvolvimento de P&D, sendo a RMC a principal beneficiada. Entre os anos de 2012 e 2020, o valor repassado para o desenvolvimento tecnológico no estado foi de R$6,1 bilhões, dos quais Campinas absorveu R$3,3 bilhões. Logo em seguida, vem a RMSP, com R$2,2 bilhões, sendo que, desse valor, aproximadamente R$1,9 bilhão foram destinados à capital. As demais regiões paulistas receberam R$539 milhões (Seade, 2021a).

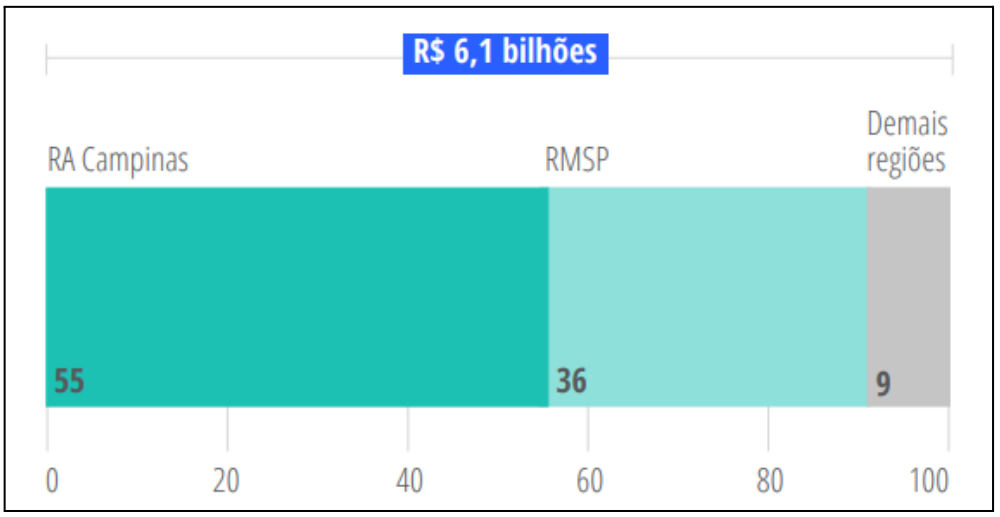


Gráfico 1: Números dos investimentos anunciados no estado de São Paulo (2012–2020)
Fonte: Adaptado da Fundação SEADE, 2021b

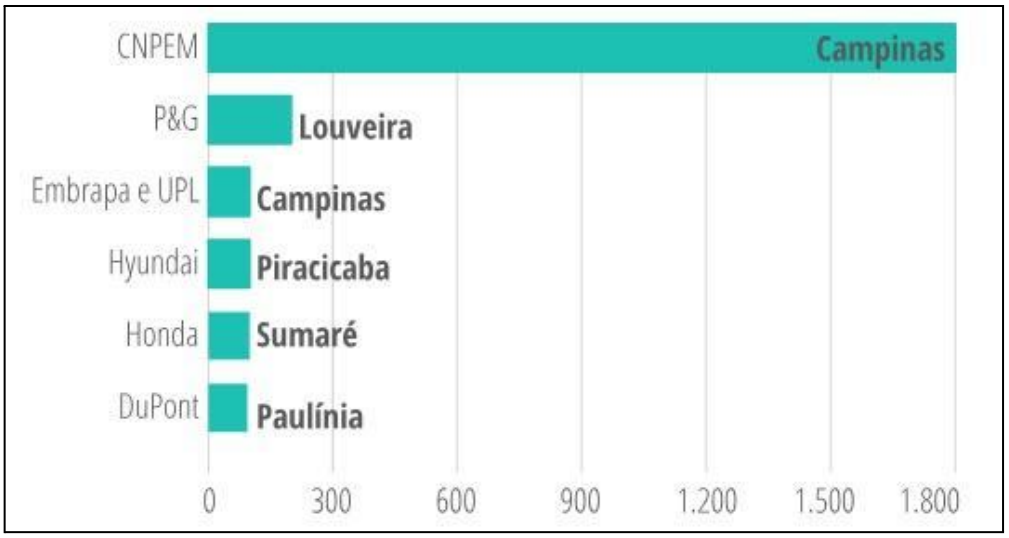


Gráfico 2: Os principais destinos dos subsídios para P&D no estado de São Paulo (2012–2020)
Fonte: Adaptado da Fundação SEADE, 2021b

Como se observa, o **Gráfico 2** ilustra que a maior parcela dos investimentos anunciados para a região de Campinas destinou-se à construção do acelerador de partículas síncrotron Sirius, desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM). Para finalizar a obra da máquina, aproximadamente R$1,8 bilhão do total dos recursos foram necessários, figurando-a como uma das infraestruturas científicas mais avançadas já construídas no Brasil e considerada uma das mais modernas do mundo (CNPEM, 2014; Rauen, 2017; Petroff, 2017).

A região de Campinas foi consagrada no cenário nacional, mormente após a década de 1980, como um dos principais polos de alta tecnologia do Brasil (Jóia; Selingardi-Sampaio,

1995). Ademais, essa localização desenvolveu uma série de condições espaciais, sociais e econômicas favoráveis para o avanço de atividades inovadoras e de alto valor agregado. Neste texto, analisaremos alguns dos fatores que contribuem para essa posição de destaque, tais como: a localização estratégica, a presença de instituições de pesquisa e ensino de excelência, o ambiente propício ao empreendedorismo e à cooperação e a diversidade econômica e social da região.

Em primeiro lugar, a localização estratégica da região de Campinas é um elemento fundamental para o seu sucesso como polo de alta tecnologia. Situada a cerca de 100 km da capital paulista e próxima a importantes rodovias e aeroportos, a região possui uma ótima infraestrutura de transporte e comunicação, que facilita o acesso a mercados, fornecedores e clientes, tanto no âmbito nacional quanto internacional (Rosa; Mendes, 2014; Baldoni, 2014; Mendes, 2020). Além disso, a proximidade com São Paulo permite uma maior integração com o maior centro financeiro e empresarial do país, ampliando as possibilidades de negócios e parcerias (Mendes, 2020).

Em segundo lugar, a presença de universidades e centros de pesquisa de renome é outro fator que impulsiona o desenvolvimento da alta tecnologia na região de Campinas. Destacam-se, nesse aspecto, instituições como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), sendo referências nacionais e internacionais em diversas áreas do conhecimento, como agronomia, energia, materiais, telecomunicações, biotecnologia e nanotecnologia. Essas instituições formam recursos humanos qualificados e geram conhecimento e inovação, transferidos para o setor produtivo, gerando novos produtos, processos e serviços.

Em terceiro lugar, a existência de um ambiente favorável ao empreendedorismo e à cooperação entre os diferentes atores do ecossistema de inovação é outro aspecto que favorece o crescimento da alta tecnologia na região de Campinas. Nesse sentido, destacam-se iniciativas como as incubadoras, os parques tecnológicos, as associações empresariais, as agências de fomento e os órgãos públicos, que estimulam a criação e o desenvolvimento de novas empresas e projetos baseados em conhecimento e inovação. Essas iniciativas promovem também a interação entre os diversos agentes envolvidos no processo de inovação, como pesquisadores, empreendedores, investidores e gestores públicos, criando sinergias e oportunidades para a solução de problemas comuns.

Por fim, a diversidade econômica e social da região de Campinas é outro elemento que contribui para o seu potencial como polo de alta tecnologia. A região abrange desde atividades clássicas da economia brasileira, como a agricultura e as indústrias de base, até segmentos munidos de ciência, tecnologia e inovação, como os estudos em física, química refinada, novos fertilizantes, fontes de energia renovável, engenharia de materiais, fármacos, biotecnologia e nanotecnologia, entre outros. A região também possui uma grande variedade de perfis sociais, culturais e ambientais, que demandam soluções inovadoras para questões como educação, saúde, segurança, mobilidade e sustentabilidade.

Não é exagero atribuir que a região de Campinas se constitui como um dos principais polos de alta tecnologia da América Latina, porque essa localização possui uma combinação singular de fatores que estimulam o desenvolvimento de atividades baseadas no conhecimento e na inovação.

Portanto, cabe sublinhar que esses fatores se atracam, principalmente em: **a)** possuir uma localização estratégica, ou seja, está muito próxima de sistemas complexos de transporte; **b)** conta com a presença de centros de pesquisa e instituições de ensino com elevado índice de excelência acadêmica; **c)** uma vasta disponibilidade de serviços financeiros, logísticos, de comunicação, jurídicos e muitos outros à disposição; **d)** por fim, se compreende como um ambiente oportuno para o empreendedorismo e a cooperação dos atores que impulsionam a inovação, sobretudo, devido à diversidade econômica e social que essa proeminente região oferece.

2.1.1 Campinas: rica em aspectos econômicos e em contradições socioespaciais

Atualmente, o município de Campinas possui limites estabelecidos em uma área de 794,57 km^2, com 1.181.555 milhões de habitantes que estão distribuídos em seis distritos e demais outros bairros (Seade, 2021a). Os distritos reconhecidos são: Joaquim Egídio, Sousas, Nova Aparecida, Campo Grande, Ouro Verde e Barão Geraldo. Este último possui grande destaque, pois nele está presente a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), além de outras instituições públicas e privadas que desempenham pesquisas de muita estima e valor tecnológico.

Os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE, em 2022, indicaram Campinas como a 3ª maior cidade paulista, totalizando 1.139.047 de habitantes. Além de obter destaque nos índices estaduais, atingiu a 14ª posição na classificação de cidade mais populosa do

Brasil. Esses números expressam sua complexidade urbana e competência para oferecer uma ampla variedade de serviços, sejam básicos ou complexos.

A diversidade nos 3 setores da economia campineira justificam os notáveis resultados alcançados no âmbito estadual. Dados disponíveis no portal do IBGE Cidades[11] demonstraram que, em 2019, o PIB municipal atingiu o patamar de R$65.837.258,09 bilhões — ocupando o terceiro lugar no estado, perdendo apenas para a capital São Paulo e Osasco, que estão na primeira e segunda colocação, respectivamente.

Os valores atuais do PIB campineiro possuem origens que remontam às décadas de 1980 e 1990, período em que a capital paulista sofreu com as deseconomias de aglomeração e a desconcentração espacial das indústrias. Buscando novas alternativas de produção, muitas empresas observaram que a solução seria estabelecer suas fábricas próximas dos principais entroncamentos rodoviários do estado, cuja localização disponibiliza mão de obra em abundância, além de um próspero mercado consumidor,

Na virada do século, com a implementação da Região Metropolitana de Campinas (RMC), em 2000, uma série de benefícios foram designados aos municípios membros. Todavia, mesmo que essa iniciativa tenha promovido resultados promissores em relação a entrada de investimentos e estimulado o diálogo político, é necessário elencar que os indicativos de vulnerabilidade econômica e socioespacial aumentaram consideravelmente (Caiado; Pires, 2006).

Durante os primeiros momentos dos anos 2000, houve a proliferação de loteamentos fechados, condomínios horizontais e ênfase na manutenção de espaços privados que projetaram desigualdades socioespaciais em Campinas e nos municípios membros de sua região metropolitana. Empreendimentos como esses reforçaram a segregação socioespacial ao criarem áreas exclusivas para determinados estratos sociais, contando, inclusive, com assistência e assessoramento público, iniciativa que resultou na fragmentação do tecido urbano e, consequentemente, na exclusão de grupos menos favorecidos.

Caiado e Pires (2006) e Rolnik *et al.,* (2015) demonstraram evidências em relação ao predomínio da urbanização dispersa em Campinas observando o padrão de ocupação territorial. Constataram que, a princípio, a extensão se consolidou em núcleos e distritos populacionais, bairros residenciais densos contíguos à zona central, habitações próximas a empreendimentos industriais e pontos de moradia instalados ao longo de trechos rodoviários.

Todavia, atualmente, a região nordeste do município que conta com a presença de

[11] Informações disponíveis em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/pesquisa/38/47001?tipo=ranking. Acesso em: 12 dez. 2023.

instituições de ensino, pesquisa, ambientes de inovação e alta tecnologia, áreas agrícolas ainda produtivas, se despontam por hospedar famílias classificadas como renda muito superior à média nacional, possuem terrenos valorizados e capital imobiliário interessado na sua manutenção e expansão (Caiado; Pires, 2006; Rolnik *et al.*, 2015; Bernardini, 2018).

Segundo Caiado e Pires (2006, p. 282-283) a localização e os empreendimentos auxiliam na explicação dessa valorização espacial desigual:

> Nas direções do distrito de Barão Geraldo/Paulínia, de Jaguariúna/Mogi Mirim, dos distritos de Sousas e Joaquim Egídio e Itatiba, articuladas pela rodovia Dom Pedro I [...] com predomínio de habitações das camadas de renda média e alta, com a localização de grandes centros de consumo de porte regional (shopping centers, hipermercados, casas noturnas, entre outros), além da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campus I da Pontifícia Universidade Católica (PUC–Campinas), outras instituições de pesquisa (CPqD, CTI) e indústrias de alta tecnologia. No período mais recente, a implantação de indústrias de tecnologia mais complexa tem privilegiado o eixo da rodovia SP-340 (Campinas-Mogi Mirim; vetor 4), especialmente no município de Jaguariúna, em que pese a existência de grande área destinada a indústrias de alta tecnologia em Campinas (Pólo II da Companhia de Alta Tecnologia – Ciatec), às margens desta mesma rodovia.

O ano de 2014 marcou o início dos debates sobre a revisão sistemática do Plano Diretor de Campinas (Tavares; Oliveira; Leonelli, 2017). A primeira proposta recomendou incrementar um projeto chamado “Macrozoneamento de Expansão”, visando transformar áreas rurais do norte e nordeste do município em loteamentos urbanos, promovendo um amplo e polêmico debate público.

O debate foi iminente e envolveu diversos movimentos sociais, haja vista que a proposta desconsiderava as necessidades populares para satisfazer os interesses privados (Tavares; Oliveira; Leonelli, 2017). As macrozonas de expansão se transformaram em “ativos econômicos” que visavam legitimar a recente busca de apropriação dos espaços urbanos pelo impetuoso capital imobiliário (Mastrodi; Sala, 2017).

No distrito de Barão Geraldo e bairros adjacentes, estão localizadas indústrias de alta tecnologia e inovação nas áreas da informação, telecomunicações, biotecnologia e nanotecnologia e, mais recentemente, em energia e materiais sofisticados. Esses segmentos expressam alto valor tecnológico de pesquisa e produção, estimulando, consequentemente, um crescimento significativo dos investimentos imobiliários na região norte do município. Tal condição reitera o fenômeno que provoca o aumento significativo de condomínios e loteamentos fechados acarretando a “alphavillezação” (Mastrodi; Sala, 2017).

As pesquisas de Turczyn e Monteiro (2018, p. 8-9) corroboram que as mutações na organização urbana de Campinas possuem estreita relação com a formação de novos estabelecimentos privados de moradia.

> Além da proximidade com o limite urbano, essas mutações possuem outras duas características essenciais: são estruturadas pelos eixos rodoviários - sua espinha dorsal [...]. As mutações Iguatemi, Galleria, Dom Pedro, CEASA e Alphaville estão localizadas na região norte de Campinas, vetores de crescimento da população de renda média-alta e alta. As quatro primeiras estão implantadas nas margens da rodovia Dom Pedro I, uma das rodovias que formam o anel viário de Campinas, tornando esse eixo o mais importante na estruturação das mutações, não apenas pela quantidade de mutações [...]. As mutações Swiss Park e Carrefour Valinhos estão situadas nas regiões sul e sudeste respectivamente, áreas que foram ocupadas majoritariamente por população de baixa renda, mas com o desenvolvimento das mutações começaram a atrair também a classe média.

Faz-se mister salientar que a pesquisa não carregou consigo pretensões de debater questões relativas às características da formação e desenvolvimento urbano de Campinas ou qualquer discussão metodológica específica no arcabouço da Geografia Urbana. No entanto, não se negligenciou a condição de acioná-la como uma potente ferramenta de compreensão das contradições espaciais presentes na formação e manifestação dos elementos da Geografia Econômica e da Inovação em Campinas.

Embora Campinas integre um grupo restrito de pontos luminosos do território e represente um exemplo notável do meio técnico-científico-informacional, uma revisão sistêmica de sua formação histórica e geográfica revelará muitas contradições sociais, desmistificando uma dinâmica urbana isenta de desafios políticos e socioeconômicos. Portanto, a despeito de sua projeção e relevância nacional, esse município também está suscetível a sofrer com situações imbricadas ao inerente processo da formação dialética, que atua na constante transformação do espaço geográfico.

CAPÍTULO 3 — OBJETO DA PESQUISA EM SEU RECORTE ESPACIAL. O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (CNPEM): UM ECOSSISTEMA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

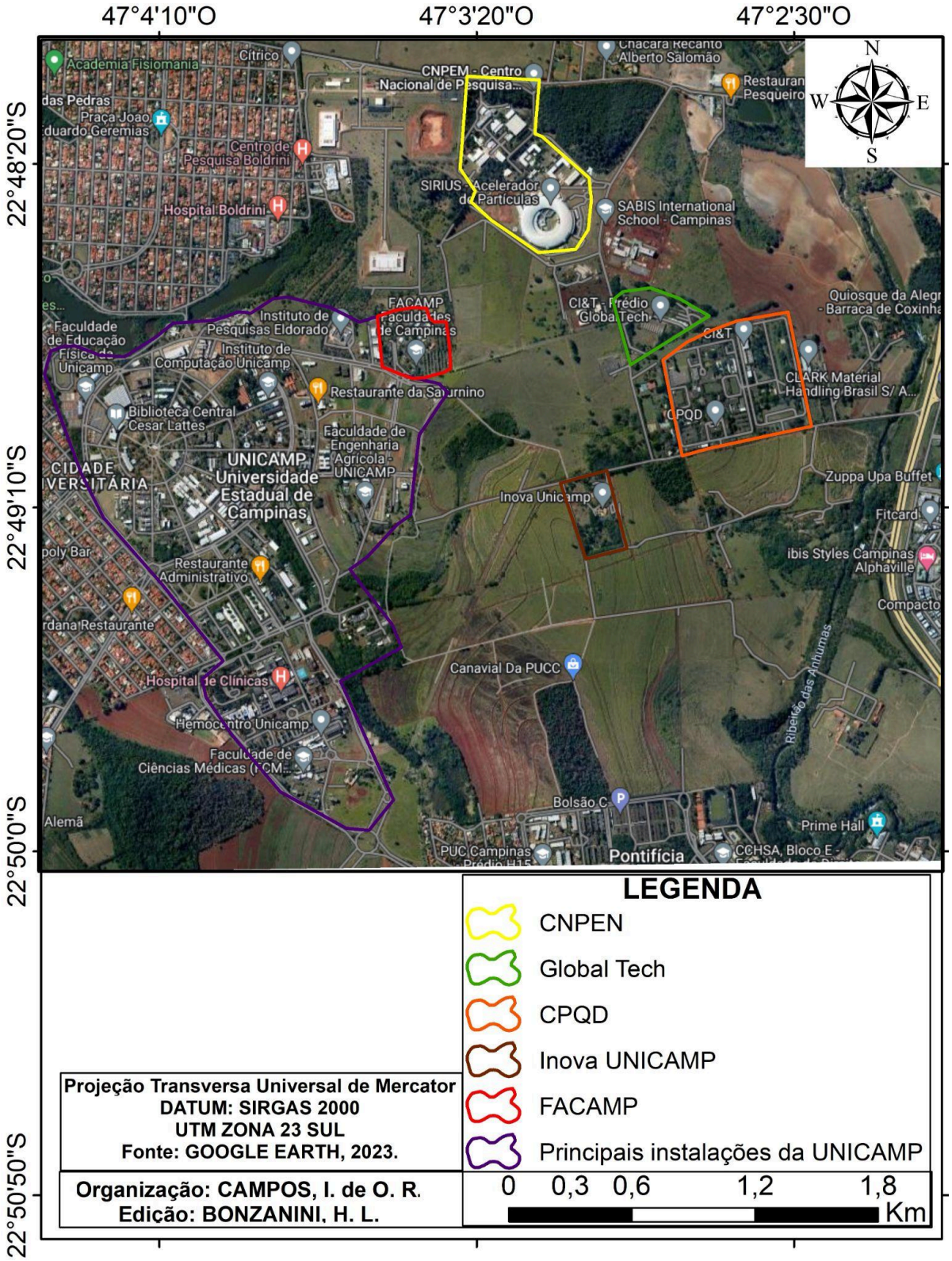
No campus do CNPEM estão presentes quatro laboratórios: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), Laboratório Nacional de Biotecnologia (LNBio) e o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR). Os equipamentos disponíveis nos quatro laboratórios possuem elevada sofisticação tecnológica, operando na fronteira do conhecimento (CNPEM, 2020b).

Os cientistas que atuam nesses laboratórios são colaboradores contratados e desenvolvem investigações inovadoras usando as ferramentas disponíveis. Essas circunstâncias os tornaram capacitados e treinados para auxiliar toda a comunidade acadêmica e empresarial na realização de suas pesquisas e experimentos, sobretudo, usando o acelerador de partículas de última geração Sirius — classificado como um dos equipamentos mais versáteis do mundo, contribuindo significativamente para investigar elementos das mais distintas áreas do conhecimento.

Pela proximidade geográfica com o campus do CNPEM, segundo o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM)[12], diversos pesquisadores da UNICAMP, e até mesmo alunos que fundaram suas próprias empresas após o período de graduação, se envolveram profundamente nas atividades desempenhadas nas dependências do Centro.

A contiguidade espacial presente em Campinas facilita as interações entre os componentes das hélices, pois: “o regime da hélice tríplice começa quando a universidade, a indústria e o governo dão início a um relacionamento recíproco, no qual cada um tenta melhorar o desempenho do outro” (Etzkowitz, 2009, p. 11). Justamente nessa localização, as empresas, as universidades e os *habitats* inovativos estão em plena interação e dialogam entre si, trocando informações, transmitindo conhecimento e produzindo novidades tecnológicas provenientes de parcerias público-privadas (**Mapa 4)**.

[12] As informações fornecidas pelo Diretor Geral foram disponibilizadas durante uma entrevista pessoalmente realizada, cujo teor das perguntas estão disponíveis no Apêndice 1 desta pesquisa.



Mapa 4: Habitats de Inovação
Fonte: Google Maps. Informações organizadas pelo autor

O **Mapa 4** ilustra alguns componentes interessantes sobre a localização do CNPEM, bem como sua proximidade geográfica com instituições públicas e privadas reconhecidas no desenvolvimento de alta tecnologia e inovação. Estão representados no mapa o CNPEM e os

seguintes *habitats*: a Global Tech; o CPqD; o Inova Unicamp; a Facamp; e por fim, as principais instalações da UNICAMP.

Embora o CNPEM esteja situado próximo ao distrito de Barão Geraldo, ele não pertence administrativamente a essa região, mas sim ao Polo II de Alta Tecnologia de Campinas, no bairro do Bosque das Palmeiras. Informar os limites de sua localização é importante porque mensura aspectos de sua administração, haja vista que suas instalações estão sob supervisão, bem como subordinada às diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Faz-se mister salientar a proximidade geográfica que essas instituições envolvidas com alta tecnologia e inovação possuem com a UNICAMP. Quando a universidade foi fundada, em 1966, o principal intuito de seus idealizadores era estabelecer vínculos, de maneira pragmática, entre o conhecimento acadêmico e os setores produtivos, ensejando um "poder de atração". Nas palavras de Medeiros (1990, p. 9): "a Unicamp passou a desempenhar o papel de âncora no polo tecnológico de Campinas e progressivamente foram sendo reunidas as condições para atrair outras instituições para a cidade".

Essas instituições que foram criadas ou atraídas pela UNICAMP, durante os anos iniciais de suas atividades acadêmicas e científicas, são as mesmas que atualmente estão adjacentes ao campus. Embora Medeiros (1990) as considerou como unidades de um polo tecnológico estabelecido no arranjo espacial de Campinas, perspectivas mais recentes interpretam esses espaços como sendo *habitats* inovadores presentes no Ecossistemas de Inovação que se manifesta na extensão da Região Metropolitana de Campinas (RMC) (Laplane; Borghi; Torracca, 2023; Ferreira; Teixeira; Flôr, 2016; Teixeira; Almeida; Ferreira, 2016; Teixeira; Trzeciak; Varvakis, 2016).

O **Mapa 4** demonstra que há no território campineiro uma região específica onde se concentram atividades acadêmicas, empresariais e produtivas de alta tecnologia e inovação, presentes, sobretudo, nos limites do Polo II de Alta Tecnologia de Campinas — o CIATEC. Nesta localização se manifestam importantes *Habitats de* Inovação como a Global Tech: um empreendimento corporativo especializado em oferecer espaços de *coworking* para empresas de alta tecnologia desenvolverem suas ideias e produtos.

Muitos ex-alunos, antigos funcionários e professores que fundaram empresas com propostas tecnológicas e inovadoras nesta região, conhecidas como "filhas da Unicamp". Diversos fundadores ainda sustentam vínculos expressivos com as repartições científicas da universidade, gerando sucessivos *spin-offs*. Esses transbordamentos geralmente acontecem mediante iniciativas e processos de incubação, propostas de projetos de pesquisa em

cooperação mútua entre universidade-empresa, dentre outros (Renner, 2017; Garcia; Suzigan, 2021; Laplane; Borghi; Torracca, 2021).

A Agência de Inovação da Unicamp (Inova Unicamp), criada em 2003, merece algumas considerações. O objetivo da sua organização baseou-se na premissa de gerenciar e estimular as atividades tecnológicas desenvolvidas na instituição. Dessa forma, visa estabelecer pontes entre elementos como a universidade, a sociedade, o setor produtivo e o governo, por meio de três eixos principais: a transferência de tecnologia, o empreendedorismo e a propriedade intelectual (Inova Unicamp, 2022).

Com sua inauguração em 2003, a Incamp (Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Unicamp) foi incorporada ao órgão, uma iniciativa que visou reforçar sua missão no desenvolvimento científico e tecnológico. Após essa integração, muitas empresas "filhas da Unicamp" (Renner, 2017; Laplane; Borghi; Torracca, 2021), bem como outras da iniciativa privada, foram assessoradas por profissionais capacitados em assuntos voltados para o crescimento de negócios inovadores.

As empresas que se caracterizam como "filhas da Unicamp" foram criadas a partir da iniciativa de professores, ex-professores, bem como ex-alunos da graduação ou pós-graduação (Renner, 2017). No ano de 2019, essas entidades ligadas à universidade somavam um total de 815 unidades, gerando uma receita anual estimada em R$8 bilhões e proporcionando emprego a mais de 30 mil pessoas. A maioria dessas empresas, ou seja, uma parcela de dois terços, se localizavam na Região Metropolitana de Campinas (RMC) — sobretudo, nas proximidades de instituições acadêmicas e de pesquisa (Laplane; Borghi; Torracca, 2021).

Segundo Etzkowitz (2009, p. 38) a universidade desempenha um papel crucial no estímulo à inovação que se assemelha ao pensamento de empresas "filhas" provindas das instituições de ensino superior, contudo, indica que essa conjuntura somente se consolida por meio da mentalidade de uma "universidade empreendedora":

> A transformação da universidade em uma fonte reconhecida de tecnologia, assim como de recursos humanos e conhecimento, têm criado outras capacidades para transferir formalmente tecnologias, além da pura dependência de conexões informais. Além de oferecer novas ideias às empresas existentes, as universidades estão utilizando sua capacidade de pesquisa de ensino, em áreas avançadas da ciência e da tecnologia, para criar novas empresas. As universidades também estenderam suas capacidades de ensino, passando da educação de indivíduos à formação de organizações através da educação empreendedora e dos programas de incubação [...]. Quando a universidade se envolve com a transferência de tecnologia e a formação de empresas, ela atinge uma nova identidade empreendedora.

Dessa maneira, é essencial que a universidade contemporânea rompa com o antigo paradigma no qual os professores eram vistos como detentores de um conhecimento superior. Ela precisa romper com a tradição da cultura erudita pautada na seletividade, passando a ser vista, portanto, como uma instituição que busca fomentar a formação de indivíduos capazes de inovar e promover novidades tecnológicas de maneira autônoma e independente.

O grande desafio que as instituições de ensino superior enfrentam atualmente é justamente encontrar o equilíbrio entre o progresso acadêmico, a sofisticação científico-tecnológica e as ações inovadoras. Para isso, torna-se fundamental promover uma mentalidade empreendedora, incentivando a produção de pesquisas que ultrapassem as barreiras físicas presentes nos próprios espaços da universidade.

Países considerados o centro do capitalismo global, como os Estados Unidos, por exemplo, adotam a mentalidade de "universidade empreendedora" desde a incipiente formação dos *clusters* tecnológicos na região do "Vale do Silício", durante a década de 1950. Nessa circunstância, o Brasil precisa se atentar, pois de acordo com Etzkowitz (2009, p. 42) há uma tendência mundial indicando que as universidades estão se aproximando cada vez mais do comportamento empreendedor:

> A universidade empreendedora é um fenômeno contemporâneo crescente, com a academia assumindo um papel de liderança em um modo emergente de produção, baseado na contínua inovação organizacional e tecnológica, essa nova missão é concretizada de diferentes formas, em vários países, dependendo de várias tradições acadêmicas.

A concepção da universidade empreendedora, exercendo autonomia para escolher quais conexões estabelecer com a indústria, deve acontecer, portanto, mediante uma relação simbiótica, ou seja, sem que haja dependência ou qualquer tipo de interação subordinada. Destarte, quando a universidade começar a desempenhar suas atividades de maneira independente do governo, sem imposições industriais (restrição à diversidade produtiva) e se aproximar das necessidades da sociedade, ela estará preparada e maturada para estimular a inovação (Etzkowitz, 2009)..

Em exemplos brasileiros, é possível observar o desenlace desta autonomia universitária no caso da UNICAMP, sobretudo, quando se visita os dados associados ao desenvolvimento científico e tecnológico estimulado pelos *habitats* de inovação presentes na instituição. Segundo informações da Inova Unicamp (2022, p. 11) os resultados são expressivos devido a mútua confiança na relação universidade-empresa intermediada pela Incamp:

> De sua criação até 2022, a Inova chegou a 321 contratos assinados de transferência de tecnologias, estando 194 desses contratos ativos, com retorno econômico de mais de R$1 milhão para os inventores dessas tecnologias, suas unidades de origem e para a Universidade em 2022. A Inova também é responsável pela gestão da Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (Incamp), certificada pelas boas práticas de incubação como "Centro de Referência para Apoio a Novos Empreendimentos (Cerne)" e do Parque Científico e Tecnológico da Unicamp.

O sucesso incumbiu a agência da responsabilidade administrativa do Parque Científico e Tecnológico da Unicamp — consolidando suas expectativas em atuar como catalisador na interação entre universidade, sociedade, governo e setor produtivo. Dados do Relatório Anual do Inova Unicamp (2022) revelam resultados proeminentes: a agência está diretamente envolvida na gestão de 44 empresas instaladas, 18 *startups*, 17 empresas incubadas, 58 empresas graduadas, 9 laboratórios de P&D de empresas parceiras, além de ser encarregada por criar 685 empregos diretos.

Dentre as instituições localizadas próximas da universidade, essas duas exemplificam muito bem o ambiente inovador formado no âmago de um processo histórico, econômico e socialmente dado que, mais recentemente, recebeu o CNPEM — uma das maiores infraestruturas científicas e tecnológicas do mundo.

A estreita relação de políticas tecnológicas e de transferência de propriedade intelectual entre universidades, organismos governamentais e empresas são fundamentais, pois fortalecem os ecossistemas inovadores. Quando se analisa o relacionamento entre os *Habitats* de Inovação presentes em Campinas, nota-se que "as três pás da hélice tríplice" dialogam de maneira eficaz, porém, há que se destacar o papel recente das universidades nessas relações, a qual admite, progressivamente, novas responsabilidades sociais (Mineiro, *et. al.,* 2018; Monteiro *et. al.,* 2019; Laplane; Borghi; Torracca, 2023).

A colaboração entre universidades, governos e empresas do setor industrial tem promovido avanços significativos em inovações tecnológicas revolucionárias no Brasil. Este cenário evidencia uma mudança importante no país, anteriormente conhecido por adotar apenas inovações incrementais, sem grandes novidades disruptivas. Um exemplo dessa transformação são os Habitats de Inovação do CNPEM, que impulsionam avanços científicos e tecnológicos em áreas como biotecnologia, nanotecnologia, saúde, agricultura de precisão e meio ambiente. Essas parcerias são essenciais para fomentar a inovação e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, por meio de descobertas científicas na fronteira do conhecimento, como será apresentado no próximo tópico.

3. 1 O CNPEM: OS PRINCIPAIS DESTAQUES DOS *HABITATS* DESTE ECOSSISTEMA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

O Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM) encontra-se no município de Campinas, interior do estado de São Paulo. Ele está localizado na região Norte do município, uma área reconhecida pelos seus excelentes índices infraestruturais, contando, ainda, com a presença de prestigiadas instituições públicas e privadas de ensino superior[13]. Além disso, presencia-se nesta região parcela considerável de empresas do ramo da alta tecnologia, atuando nos segmentos das telecomunicações, computação, biotecnologia, microeletrônica, química fina, dentre outras áreas que envolvem certos níveis de complexidade tecnológica.

No campus do CNPEM estão presentes quatro laboratórios, que estão subordinados ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo eles: o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano); o Laboratório Nacional de Biotecnologia (LNBio); o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR). Basicamente, os equipamentos disponíveis nos ambientes mencionados possuem elevado grau de sofisticação tecnológica, operando na fronteira do conhecimento (CNPEM, 2014).

Em relação à estrutura administrativa interna, cada laboratório é responsável por desenvolver pesquisas específicas e/ou interdisciplinares mediante ações coordenadas pelos membros diretores e seus colaboradores (CNPEM, 2014). Devido às suas competências tecnológicas, o LNLS se destaca ao selecionar pesquisadores de diversas regiões do país, bem como cientistas estrangeiros para desenvolver seus experimentos utilizando as propriedades oferecidas pela luz síncrotron — por meio do acelerador de partículas Sirius, anexo nas dependências internas do laboratório.

Os cientistas que trabalham nos laboratórios do CNPEM são colaboradores contratados e desenvolvem investigações usando as ferramentas ali disponíveis. Essa condição os torna capacitados para atuar e auxiliar a comunidade acadêmica e empresarial na realização de suas pesquisas e experimentos, operando o novo acelerador de partículas síncrotron Sirius, classificado como uma das máquinas mais versáteis do mundo em sua área (Rauen, 2017; Petroff, 2017).

---

[13] Mais informações e detalhes disponíveis em: https://mapaservicos.campinas.sp.gov.br/. Acesso em: 23 mar. 2024.

3.2 O CNPEM: SEUS LABORATÓRIOS E ÁREAS DE ATUAÇÃO

Como previamente destacado, o CNPEM abriga quatro laboratórios nacionais que, embora compartilhem bases interdisciplinares, dedicam-se a áreas de pesquisa com objetos e finalidades distintas. Por isso importa elucidar, mesmo que sucintamente, os principais campos de investigação que se dedicam a cada um deles. Este esclarecimento não se limita a reconhecer a importância desses trabalhos somente para o avanço científico; compreende-se que também existe a necessidade de demonstrar quais são os benefícios que essas pesquisas revertem para a sociedade. Portanto, a ideia é de que os investimentos públicos aplicados devem viabilizar melhorias no cotidiano da população, garantindo que o desenvolvimento científico e suas descobertas prossigam em paralelo com o bem-estar social.

3.2.1 O Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

Seguindo essa trilha de ciência e transformação da sociedade, o LNNano utiliza, desde sua inauguração, a luz síncrotron como instrumento para realizar experimentos e sofisticar a interpretação das propriedades nanotecnológicas. Esse laboratório reúne técnicas e competências que atende demandas acadêmicas, sociais e empresariais dedicadas à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), concentrando-se na escala nanométrica. A infraestrutura do laboratório oferece um ambiente confortável, tecnológico e com ferramentas avançadas associadas à microscopia eletrônica e, em particular, na pioneira técnica de criomicroscopia - procedimento que permite a captura de bioimagens em alta definição, aplicada à produção de micro e nanofabricação de sensores e derivados[14].

Desde 2011, a organização interna do LNNano é segmentada em três frentes correlacionadas, sendo elas: a Divisão de Nanotecnologia; a Divisão de Nanomateriais; e a Divisão de Dispositivos. Essa segmentação teve como intuito qualificar e especializar o laboratório, tornando-o capaz de aproveitar cada área e competência da nanotecnologia (LNNano, 2024).

O LNNano tem como um de seus pilares organizacionais, a promoção de parcerias com empresas públicas e privadas, empenho que rendeu resultados positivos. Com a estatal brasileira Petrobrás durante o período de 2010 a 2014, por exemplo, um trabalho conjunto proporcionou o desenvolvimento de sensores microfabricados (MEMS) que são objetos

[14] Mais informações e detalhes sobre as especificidades de atuação do LNNano estão presentes em: https://lnnano.CNPEM.br/lnnano-pesquisa/competencias-transversais/. Acesso em: 25 mar. 2024.

usados para o monitoramento de temperatura e pressão dos poços de petróleo, oferecendo informações em tempo real aos postos de comando nas plataformas (LNNano, 2024).

Entre os anos de 2019 a 2021, os membros do laboratório desenvolveram pesquisas com a equipe de engenheiros da multinacional Bosch (LNNano, 2024). Esta parceria emergiu do interesse da Bosch em ampliar seus mercados, focando especialmente na produção de componentes automotivos. Com o objetivo de atingir suas metas, a empresa empreendeu esforços em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D & I) relacionados a nanoestruturas derivadas da cana-de-açúcar. O propósito foi elevar a eficiência da combustão em motores através do emprego de materiais nanoestruturados ativos de origem renovável (LNNano, 2024).

Contudo, as pesquisas desenvolvidas nas dependências internas do laboratório também visam corresponder sua fração de responsabilidade social, participando, assim, de investigações que possam ser convertidas em benefícios para a população. O LNNano oferece suporte para diversas frentes científicas que potencialmente poderão trazer consigo, a médio e longo prazo, mudanças significativas para a sociedade. Esse é o caso de pesquisas que envolvem a criação de novos dispositivos médicos e hospitalares de diagnóstico clínico — um mecanismo que agilizaria o processo na detecção de inúmeras doenças em tempo hábil de tratamento, como intercorrências biológicas causada pelo vírus da Covid-19, por exemplo (CNPEM, 2022).

3.2.2 O Laboratório Nacional de Biotecnologia (LNBio)

O Laboratório Nacional de Biotecnologia (LNBio) realiza pesquisas e inovações no escopo biológico, usufruindo as dependências do CNPEM. Um de seus objetivos, no contexto brasileiro, se conecta ao enfrentamento dos desafios presentes no sistema de saúde nacional. As áreas de pesquisa do laboratório focam em: desvendar a estrutura da matéria na escala de átomos e moléculas; pesquisar e inovar em biociências, visando soluções para o sistema de saúde; desenvolvimento de sistemas biológicos eficientes para a produção de biorrenováveis; nanociência e nanotecnologia, aplicadas ao desenvolvimento sustentável.

Entre os anos de 2020 e 2023, o LNBio realizou, por exemplo, uma série de experimentos no acelerador de partículas Sirius, durante o severo momento da pandemia do coronavírus no Brasil. Neste período, os pesquisadores do laboratório observaram cristais de

uma proteína do SARS-CoV-2[15]. Os estudos realizados foram fundamentais para os cientistas brasileiros compreenderem a estrutura biológica do vírus e, consequentemente, apoiarem o desenvolvimento de novos medicamentos para a COVID-19. Vale ressaltar que, após o término da construção do acelerador de partículas Sirius, os primeiros experimentos realizados utilizando a luz síncrotron foram coordenados por pesquisadores associados ao LNBio, dada a situação de emergência sanitária global.

O laboratório possui uma característica científica bem definida: pesquisar em frentes que envolvem o campo do conhecimento biológico, com um viés alinhado às questões de saúde pública. Por isso, tem estimulado a criação de grupos internos e externos promovendo chamadas públicas de submissão de trabalhos que possam criar fármacos e tecnologias no âmbito da saúde e bem-estar social. Desse modo, os pesquisadores representam o Brasil em eventos e projetos internacionais sobre medicamentos que visam combater doenças negligenciadas, onde ilustram suas investigações mediante imagens biológicas-estruturais provindas dos experimentos efetuados no Sirius.

Devido à característica científica do LNBio vinculada ao campo da saúde pública, envolveu-se, progressivamente, nas investigações associadas a doenças negligenciadas. Esse comprometimento permitiu que o laboratório entrasse em um consórcio internacional de pesquisadores focados em "otimizar moléculas com ação anti-tripanossoma, a fim de garantir medicamentos mais eficientes contra Doença de Chagas, Leishmaniose e Doença do Sono, também conhecida como Tripanossomíase Humana Africana" (CNPEM, 2015). O orçamento disponível desse consórcio atingiu, naquele período, o total de 7,6 milhões de euros, aproximadamente[16].

Embora o LNBio seja reconhecido na história como o primeiro laboratório a utilizar a luz síncrotron, proveniente do acelerador de partículas de 4ª geração Sirius, como ferramenta experimental e analítica, internacionalmente adquiriu renome pela qualidade das pesquisas produzidas. Evidentemente, sua atuação principal está relacionada a novos medicamentos, porém, também se dedica em promover inovações mediante às investigações no âmbito do desenvolvimento sustentável.

---

[15] A amostra analisada nos primeiros experimentos no Sirius foi a proteína 3CL do SARS-CoV-2. Produzida e cristalizada no Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), do CNPEM, a 3CL participa do processo de replicação do vírus dentro do organismo durante a infecção. Informações disponíveis em: https://lnbio.cnpem.br/primeiros-experimentos-sao-realizados-no-sirius/. Acesso em: 19 maio. 2024.

[16] Informações detalhadas em: https://cnpem.br/lnbio-representa-o-brasil-em-projeto-de-pesquisa-para-desenvolver-farmacos-contra-doencas-negligenciadas/. Acesso em: 19 maio. 2024.

3.2.3 O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) abriga o acelerador de partículas Sirius, a mais complexa infraestrutura científica brasileira. A luz síncrotron emitida pela máquina está entre uma das tecnologias mais avançadas do mundo, com grau sofisticado de inovação que o classifica como um equipamento único no Hemisfério Sul. Esse laboratório com dispositivos de última geração permite a investigação da composição e estrutura da matéria em suas mais variadas formas, abrindo novas perspectivas de pesquisa em áreas como ciência dos materiais, nanotecnologia, biotecnologia, ciências ambientais e afins[17].

A luz síncrotron é um tipo de radiação eletromagnética extremamente brilhante que se estende por um amplo espectro, isto é, ela é composta por diversos tipos de luz, desde o infravermelho, passando pela luz visível e pela radiação ultravioleta e chegando aos raios X. Portanto, é possível afirmar que o Sirius, por intermédio dela, funciona como um microscópio gigante, oferecendo informações de imagens à escala nanométrica de elementos íntimos da matéria (CNPEM, 2020b).

A versatilidade científica da máquina é singular, pois permite que os pesquisadores realizem experimentos simulando condições físicas e químicas diversas:

> As características desta luz permitem ainda que essas análises sejam feitas enquanto os materiais são submetidos a diversas condições de temperatura e pressão, de vácuo e fluxo de diferentes gases, de campos elétricos e magnéticos, e muitas outras variáveis. Dessa forma, é possível realizar experimentos nas mesmas condições em que as amostras se encontram na natureza – como no interior da crosta terrestre – ou nas condições em que os materiais serão utilizados, como em processos industriais, por exemplo (CNPEM, 2020b, n.p).

Atualmente, no LNLS operam 7 linhas de luz e, embora não exerça sua capacidade máxima, a infraestrutura é qualificada para abrigar 38 linhas no total. A mais recente inauguração do laboratório foi a estação Mogno, que atenderá diferentes áreas, como geociência, biologia, ciências de materiais e da Terra, bem como engenharia civil, bioengenharia, pesquisas relacionadas a papel e madeira, química, paleontologia, arqueologia, e herança cultural[18].

---

[17] Informações complementares estão disponíveis em: https://lnls.cnpem.br/sobre/. Acesso em: 19 dez. 2023.

[18] Informações em detalhes disponíveis em: https://lnls.cnpem.br/facilities/mogno/#:~:text=A%20partir%20do%20primeiro%20semestre,ou%20em%20ambiente%20l%C3%ADquido%20est%C3%A1vel. Acesso em: 19 maio. 2024.

Em relação a suas contribuições científicas, propriamente dita, o acelerador Sirius tem auxiliado, por exemplo, biomédicos a investigarem novas possibilidades de fármacos para o tratamento da doença de tuberculose. A linhas de luz Paineira e Manacá permitem que os pesquisadores observem o comportamento tridimensional das das proteínas de *Mycobacterium tuberculosis*, o agente causador da doença. Ao mapear as proteínas da bactéria, é possível delimitar quais são as regiões mais sensíveis dessa estrutura e quais componentes químicos conseguem a enfraquecê-la a ponto de torná-la inofensiva aos seres humanos[19]. Evidentemente, os estudos estão em andamento, porém, é incontestável que os resultados são promissores e que, com auxílio da luz síncrotron, outras interrogações em breve deverão ser respondidas.

As instalações do LNLS são interdisciplinares e, portanto, multiusuários podem usufruir de suas aplicabilidades — usando o acelerador como ferramenta experimental. Além de estar à disposição de toda a comunidade científica nacional gratuitamente, o laboratório também aceita submissões internacionais. Vale destacar, que suas dependências não são de uso exclusivo e aberto apenas para pesquisadores e estudantes, mas também para toda a comunidade industrial e empresarial do país e do mundo.

3.2.4 O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR)

O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) emprega investigações científicas no campo da biotecnologia, com foco no desenvolvimento econômico pautado na sustentabilidade. A primazia das atividades desempenhadas neste laboratório está em encontrar alternativas que possam substituir os combustíveis fósseis, visando fortalecer a indústria de base biológica e renovável.

O LNBR utiliza, portanto, a biotecnologia para enfrentar desafios científicos e tecnológicos, motivando a independência tecnológica brasileira promovendo alternativas para uma diversidade energética eficaz. As plataformas contidas no laboratório beneficiam vários setores da economia, principalmente aos que se vinculam ao segmento energético, de transportes e agricultura, por intermédio de pesquisas personalizadas que abrangem a produção de biocombustíveis, bioquímicos e biomateriais a partir de biomassas.

[19]Essas e outras informações estão disponíveis em: https://jornal.usp.br/ciencias/da-fisica-a-biologia-luz-sincrotron-ajuda-cientistas-a-elucidar-a-estrutura-das-moleculas/. Acesso em: 19 maio. 2024.

> Um grande desafio abraçado pelo LNBR é utilizar a biodiversidade e a biomassa brasileiras para acelerar a transição de uma manufatura baseada em fonte fóssil para uma de base biológica e renovável, com potencial impacto na mitigação das emissões dos gases de efeito estufa, na preservação e no uso responsável dos recursos naturais, como água e terra. O LNBR está alinhado como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas ao desenvolver tecnologias para produção sustentável de biorrenováveis de forma a manter positivo o balanço entre os serviços e desserviços ecossistêmicos gerados por estas cadeias produtivas (LNBR, 2014, n.p.).

O Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) foi inaugurado em Campinas no ano de 2010, visando fortalecer as parcerias entre núcleos de P&D com as necessidades industriais do gênero sucroalcooleiro. Em 2018, o CTBE foi reposicionado para reforçar a agenda de pesquisa do CNPEM visando estabelecer novas parcerias com o setor de biotecnologia industrial. Além disso, o Laboratório aprofundou seus processos de integração, buscando soluções conjuntas com os outros Laboratórios Nacionais que compõem o Centro. Portanto, como elemento de estratégia, em 2019, o CTBE passou a ser definitivamente chamado de LNBR[20].

Em dezembro de 2023, a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) promoveu a 1ª edição do "Prêmio de Reconhecimento de Unidades Embrapii" — um tipo de condecoração aos cientistas associados que demonstraram excelência em suas atividades. Nessa ocasião, o Diretor Científico do LNBR foi eleito o "pesquisador destaque" e recebeu o mérito por desempenho relevante em prol do desenvolvimento da inovação industrial no Brasil (CNPEM, 2023).

A premiação foi atribuída ao cientista Dr. Mário Tyago Murakam devido ao seu brilhante trabalho como coordenador de uma equipe de estudos do LNBR-CNPEM relacionada às enzimas do intestino de capivaras, que são capazes de serem manipuladas para degradar a biomassa. Essa enzima produz uma bactéria chamada *Xanthomonas*, e possui potencial produtivo para a indústria química e de biocombustíveis. A descoberta do grupo rendeu uma quebra de paradigma e diversas publicações em conceituadas revistas científicas internacionais como a *Nature Chemical Biology* e *Nature Communications*, além de 11 solicitações de patentes (CNPEM, 2023).

Constata-se, portanto, que os laboratórios do CNPEM buscam estabelecer uma interação sinérgica com o Sirius. Por sua complexidade técnica e sofisticação tecnológica na fronteira do conhecimento, o acelerador atrai cada vez mais cientistas, além da atenção

[20] Informações em detalhes disponíveis em: https://lnbr.cnpem.br/visao-geral/. Acesso em: 19 maio. 2024.

governamental e empresarial. A tríade sinérgica entre ciência, governo e empresas, resulta em inovações como as novas possibilidades de biocombustíveis fomentadas no LNBR.

3.3 O POTENCIAL DISRUPTIVO DOS LABORATÓRIOS DO CNPEM: O CAMINHO PARA INOVAÇÕES DISRUPTIVAS

As investigações realizadas no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) mobilizam o exercício de uma mentalidade inovadora e disruptiva no campo governamental, acadêmico-científico e produtivo no Brasil, sobretudo, a partir da interação consonante da Tríplice Hélice. Isso se deve à abordagem interdisciplinar adotada e ao uso de infraestrutura de ponta, única em todo o Hemisfério Sul. Os quatro laboratórios do CNPEM — Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) e Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) — atualmente são referências internacionais em suas áreas de atuação, impulsionando importantes avanços científicos e tecnológicos no país.

Em suma, enquanto o LNBio está focado no avanço da biotecnologia e biociências, dando suporte à pesquisa na área da saúde, no desenvolvimento de novos medicamentos e na biologia molecular, o LNBR se dedica a criar soluções para energias renováveis e biorrefinarias, enfrentando os desafios energéticos, ambientais e de sustentabilidade mediante a inovação. O LNNano é responsável por liderar estudos em nanotecnologia, buscando novos materiais, dispositivos e processos com aplicações em diversos segmentos produtivos industriais. Por fim, o LNLS dispõe de uma avançada infraestrutura de luz síncrotron — o acelerador Sirius — equipamento essencial para pesquisas de ponta em física, química, biologia e ciência dos materiais que oferece, inclusive, suporte tecnológico para os demais laboratórios.

A sinergia estabelecida entre os quatro laboratórios possibilita a convergência de diferentes áreas do conhecimento, estimulando a criação de soluções inovadoras e disruptivas. A infraestrutura de classe mundial do CNPEM, aliada à expertise científica e tecnológica, permite a geração de conhecimento de ponta, essencial para gerar novidades disruptivas. Seus habitats são propícios à cooperação interdisciplinar e à pesquisa avançada, contribuindo estrategicamente para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, posicionando o país em um patamar de criador de complexas e sofisticadas tecnologias no cenário global.

CAPÍTULO 4 — DE PROJETO A LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS): A DEFINITIVA LOCALIZAÇÃO EM CAMPINAS (SP)

O histórico das circunstâncias que levaram à criação do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) revela uma complexidade, sobretudo, no que diz respeito às negociações entre as instituições acadêmicas e políticas do país. A década de 1980 significava uma grande incerteza, devido às instabilidades econômicas, políticas e sociais que afetavam o cotidiano brasileiro. Aprovar um projeto nacional de grande impacto científico não seria fácil.

Devido ao momento de incerteza política no Brasil, as parcerias entre organizações não seriam apoiadas incondicionalmente. O irrisório volume de investimentos em Ciência e Tecnologia (C&T) durante o período dificultava muito a existência de projetos que possuíam elevados custos de operação. O Projeto de Radiação Síncrotron (PRS) enfrentou relutância ao longo da sua execução, sendo constantemente alvo de críticas.

Os pareceres eram tomados verticalmente no interior da ditadura militar, envolvendo apenas alguns acadêmicos e presidentes de instituições simpatizantes do regime nos primórdios das intenções de criá-lo. Essa conduta preocupava as associações que se candidataram a participar dos debates. Os que discordavam do sistema político, recebiam o convite para participar dos fóruns apenas por uma simples formalidade. Nas deliberações finais, suas recomendações eram descartadas sem pudor — criando indisposições nas relações-públicas do projeto (Burgos, 1999).

Ao realizar diversas entrevistas com pioneiros do PRS, Burgos (1999) encontrou relatos que justificaram a insatisfação das associações dos que se mostraram contrários ao laboratório nacional[21]. Os depoimentos atestam que as estratégias políticas de implementação do projeto, estavam ligadas à natureza corporativa e burocrática da ditadura militar, ou seja, subordinadas a conchavos, desprezando análises de critérios civis. A situação causou preocupação aos que almejam participar dos debates e contribuir com os detalhes técnicos da máquina.

Segundo Burgos (1999), é lícito afirmar que o totalitarismo brasileiro propiciou o planejamento técnico e administrativo do PRS por intermédio do CNPq, justamente pelo caráter vertical das decisões. Se as diretrizes do projeto fossem estabelecidas pelo CBPF ou nas reuniões da SBF, dificilmente o síncrotron teria um desfecho positivo.

[21] O capítulo terceiro do livro "Ciência na Periferia" oferece muitos detalhes sobre como a relação política entre acadêmicos e membros militares facilitaram estudos de viabilidade do PRS e, posteriormente, na execução plena do LNLS em Campinas, interior do estado de São Paulo, durante os anos de 1986 a 1997.

> Sem esse decisivo apoio institucional, ainda na hora zero, dificilmente o projeto poderia avançar […] Para resumir a linha de argumentação que estou perseguindo, o fato do síncrotron ter nascido no CNPq e não na SBF teria sido decisivo para permitir a sua substantivação na quadra do início dos anos de 1980 […] (Burgos, 1999, p. 88).

Com os avanços nas propostas, surgiram curiosidades de setores acadêmicos e produtivos em conhecer mais sobre, dada a complexidade científica da radiação síncrotron — tema pouco explorado no país até aquele momento. Por isso, diversos congressos, simpósios, colóquios e fóruns foram organizados visando divulgá-la. Os encontros mostraram a versatilidade e finalidades desse tipo de radiação, muito promissora em criar sinergias entre a física teórica e a física experimental com aplicação, inclusive, para a indústria de alta tecnologia (Velho; Pessoa Jr., 1998).

No ano de 1983, a ideia de construir uma máquina de radiação síncrotron tornou-se popular em centros acadêmicos especializados do Brasil. Laboratórios de química, física teórica e experimental, além de algumas áreas da engenharia, como a mecânica, elétrica e materiais, se mostraram animados e reconheceram a capacidade revolucionária do acelerador pretendido.

"O PRS vai se tornando mais conhecido entre cientistas e pesquisadores em geral, resultado da intensificação do esforço de divulgação em 1983, inclusive com a vinda de especialistas estrangeiros para explicar as especificidades e os usos da radiação síncrotron" (Burgos, 1999, p. 89).

Com o passar do tempo, a reação atribuída à falta de dados sobre a variedade de possibilidades oferecidas por uma máquina síncrotron foi superada (Velho; Pessoa Jr., 1998). A popularidade crescente entre acadêmicos e setores industriais suprimiu o ceticismo inicial, despertando otimismo. Contudo, nem todos os obstáculos cessaram. Se antes a divergência estava entre as associações sobre a execução ou não do projeto de radiação síncrotron, em 1983, os aspectos teóricos e técnicos renovaram os debates no campo científico-acadêmico.

Os membros do projeto inicial, visando encontrar soluções técnicas para o síncrotron brasileiro, estimularam novas discussões com instituições correspondentes. Aqueles que tinham o interesse direto ou indireto na radiação síncrotron foram recebidos no Rio de Janeiro, em agosto de 1983. O tom da conversa se concentrou em apresentar as potencialidades e resolver algumas limitações técnicas do projeto, com foco em métodos inovadores para prosseguir com eficiência.

> O grande marco de 1983 é o encontro técnicas e aplicações da radiação síncrotron, realizado no Rio de Janeiro, em agosto, com o apoio do CBPF e financiado pelo CNPq. Diversamente do encontro anterior, o objetivo desse evento não é o de discutir o projeto com as entidades representativas da ciência, mas basicamente o de decidir aspectos técnico-científicos relacionados à construção de um anel síncrotron e a sua utilização. Para ser mais preciso, a sua intenção declarada é a de discutir as dificuldades e as possibilidades existentes no Brasil no sentido de viabilizar o projeto. Participaram desse encontro 221 pesquisadores, dos quais 10 estrangeiros. Entre os nacionais, 119 são do Rio de Janeiro, 50 vêm de São Paulo, e o restante de mais de 12 estados do país (Burgos, 1999, p. 90).

Essa reunião marcou a história-temporal da construção da máquina síncrotron brasileira. Durante os debates, os participantes chegaram a uma solução técnica para a organização dos componentes do acelerador, a começar pela configuração estrutural dos anéis magnéticos do equipamento.

A ideia de organizar um conselho técnico-científico se deriva do encontro, estabelecendo elos de interação civil e institucional. Houve apoio ao pedido, criando, em abril de 1984, na cidade de São Paulo, o Conselho Técnico Científico (CTC) do PRS com a supervisão do CNPq. "A proposta foi aprovada e, assim, em 5 de dezembro de 1984, o LNRS foi formalmente criado e seu Conselho Diretor nomeado" (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 5).

O projeto institucionalizado, somado ao apoio governamental, permitiu um aumento significativo do número de simpatizantes, tornando o Laboratório Nacional de Radiação Síncrotron (LNRS). Em 5 de dezembro de 1984 (LNLS, 2023), ele foi reconhecido e publicado no diário oficial. A presidência do laboratório, inicialmente, coube a Roberto Lobo, que a dividia com os outros três membros do Conselho Diretor: Aldo Craievich, Antônio Ricardo Rodrigues e Cylon Gonçalves da Silva (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos, 1999).

A formação do Conselho Diretor estava concluída, embora ainda não houvesse uma definição completa do projeto, como a localização geográfica do LNRS. Apesar da imprecisão, todos os documentos sobre o local do laboratório, preparados até o ano de 1984, apontavam, discretamente, que o CBPF provavelmente hospedaria a máquina síncrotron. Essas discussões a respeito da localização eram apenas informais e de conteúdo sigiloso, pois não havia consenso (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos, 1999).

O presidente do CNPq, Lynaldo Albuquerque, defendia, por exemplo, que o LNRS deveria deixar o eixo geográfico Rio-São Paulo. Dessa forma, apresentou algumas ideias aos governadores dos estados do Rio Grande do Sul e de Pernambuco. Disse-lhes que um acordo seria estabelecido se os políticos realizassem investimentos que cobrissem 50% dos valores

do projeto. No entanto, diante dessa necessidade preliminar, ambos recusaram imediatamente se envolver na disputa (Velho; Pessoa Jr., 1998).

Em contrapartida, Roberto Lobo, Cylon Gonçalves e Aldo Craievich defendiam a continuidade do projeto no estado de São Paulo. “Quando a proposta de Lynaldo foi recusada, ele deixou Lobo proceder livremente com relação à escolha do local do laboratório” (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 7).

> Lobo, que trabalhava originalmente em São Carlos, nunca se comprometeu com as ideias de Lynaldo a respeito do local do laboratório. Trabalhando no escritório de São Paulo, ele estava ficando mais próximo dos físicos da Unicamp, especialmente Cylon Gonçalves da Silva, que lhe davam um considerável apoio técnico e político (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 7).

A localização geográfica do LNRS estava sendo discutida, pois os seus responsáveis desenvolviam atividades acadêmicas e científicas no estado de São Paulo. A situação exigia um resultado concreto, uma vez que o projeto havia sido institucionalizado. Críticos e simpatizantes mostraram-se inquietos com a incerteza e solicitaram respostas imediatas do CNPq e do Conselho Diretor do LNRS.

4.1 CAMPINAS (SP) COMO LOCALIZAÇÃO DEFINITIVA DO LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS)

Em 1985, para solucionar os impasses relacionados à localização geográfica do laboratório nacional, se inicia um processo de seleção. Quatro propostas foram recebidas: duas do estado do Rio de Janeiro (cidade do Rio de Janeiro e de Niterói) e duas do estado de São Paulo (Campinas e São Carlos)” (Velho; Pessoa Jr., 1998, P. 7).

Docentes e pesquisadores das universidades públicas presentes em São Carlos registraram candidatura para acolher a máquina síncrotron e sediar o LNRS, pois possuíam experiência com aceleradores de partículas[22]. A fim de justificar o interesse, elaboraram um relatório sistemático, apontando os principais benefícios técnicos e vantagens locacionais da cidade de São Carlos (Burgos, 1999).

[22] Em 1968, um acelerador linear com produção de energia a 2 MeV foi criado pelo CBPF, sob a supervisão do General Argus Moreira, e enviado para um laboratório da Universidade Federal de São Carlos — inspecionado pelo professor Sérgio Mascarenhas (Burgos, 1999).

O documento emitiu um parecer, em conjunto com a prefeitura da cidade, sobre as variáveis especiais de São Carlos, comprovando sua excelente posição geográfica no estado de São Paulo:

> A seu favor, reivindicava que, ao redor da cidade, em um raio de 100 km, existem quatro cidades de porte médio que também possuem universidades e centros de pesquisa cientificamente ativos em áreas que podem utilizar a radiação síncrotron (Araraquara — química; Ribeirão Preto — bioquímica, biologia e medicina; Rio Claro — biologia e geologia; Piracicaba — agronomia). Conclui, afirmando que em função deste anseio da comunidade, a Prefeitura de São Carlos manifestou grande disposição em auxiliar na instalação da infraestrutura básica, tal como pavimentação de vias de acesso, estacionamento, melhoria do aeroporto, etc. (Burgos, 1999, p. 106).

Seções específicas do relatório indicavam que as universidades com sede na cidade, tanto a USP quanto a UFSCar, dispunham de programas de pós-graduação notáveis, formando inúmeros mestres e doutores competentes nas áreas de ciências exatas e de alta tecnologia. O acesso à instrumentalização técnica-científica também era um diferencial relevante, conforme os argumentos dos envolvidos.

Apesar de todos os detalhes encaminhados para o CNPq, São Carlos não foi escolhida para sediar o LNRS. Os argumentos sobre os fatores técnicos e locacionais não foram suficientes. Tampouco a influente figura de Roberto Lobo, professor e diretor do Instituto de Física e Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP), foi condição suficiente para a disputa.

Realmente, a cidade possuía atributos que a habilitou para receber o LNRS, mas não dispunha de apoio político para sustentar suas pretensões. Já estava praticamente encerrada a disputa pela hospedagem do laboratório nacional quando São Carlos foi recusada no parecer emitido pelo CNPq.

Após o indeferimento, o CNPq notificou que o Conselho Diretor do LNRS deveria escolher a sede definitiva do projeto. Lynaldo Albuquerque, o líder do órgão, solicitou que os membros considerassem aspectos como infraestrutura, disponibilidade acadêmica, científica e tecnológica, facilidades logísticas e de transporte, suporte político e financeiro, relacionamento amigável com a comunidade local e proximidade com os campus universitários (Burgos, 1999).

Durante o processo, Campinas foi eleita por unanimidade e a decisão foi aprovada instantaneamente pelo CNPq. No mês de fevereiro de 1985, foram divulgadas oficialmente as informações e publicadas nos diários oficiais (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos, 1999).

Descontente com o desfecho da escolha, o renomado físico José Leite Lopes, novamente na função de diretor do CBPF, orquestrou uma última tentativa de levá-lo para o Rio de Janeiro. Ele representou o desapontamento de seus colegas para o CNPq, na intenção de reverter a decisão de instalar o LNRS no interior paulista (Burgos, 1999).

Demonstrou perante às instituições cabíveis que o CBPF estava decepcionado, porque na mentalidade dos pesquisadores eles ainda possuíam vanguarda na construção e engenharia de aceleradores, devido ao pioneirismo de Argus Moreira. Nos documentos elaborados pelo PRS, pelo menos até o ano de 1984, tudo indicava que o local seria o CBPF, porém, as expectativas se frustraram. Mesmo após a nova tentativa de reverter o resultado, Campinas continuou sendo a escolhida para sediar o LNRS.

Assim, percebe-se que a escolha por Campinas era irreversível, uma vez que não se tratava apenas de uma escolha acadêmica, mas também de um processo que envolveu uma coalizão política. Em derradeira tentativa, Leite Lopes se empenhou em negociar diretamente com seu íntimo colega de academia, o ministro Renato Archer, a fim de conquistar o LNLS por intermédio da influência e renome que portava[23], mas não obteve sucesso. "[…] se Leite Lopes estava decidido em recuperar o Projeto Síncrotron para o CBPF, esbarrava na consistente articulação política […] que protegia a cidade de Campinas como sede do projeto" (Burgos, 1999, p. 118).

É importante salientar que um dos fatores que influenciou a escolha de Campinas foi que muitos membros do Conselho Diretor trabalhavam nesta cidade. O diretor Cylon Gonçalves, por exemplo, atuava como professor da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e mantinha vínculos políticos amistosos com deputados estaduais do PMDB e parlamentares governistas.[24]

Outrossim, Campinas consolidava-se como polo tecnológico, atraindo para si muitas empresas de base tecnológica na década de 1980. Essas condições, aliadas aos interesses políticos, tornaram-se fundamentais para a cidade sediar o LNLS (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos,1999).

A comunidade acadêmica, científica e autoridades políticas, mesmo após a nomeação do Conselho Diretor do LNRS, suscitaram o tom da dúvida. A transição política trouxe a

---

[23] "Na mesma entrevista Leite Lopes contou-me: o Archer me deu muito prestígio e eu forcei a reabertura da questão, até que um dia ele me chamou na casa dele e me disse que não poderia resistir à pressão do PMDB de São Paulo, especialmente de Ulysses Guimarães e do Quércia" (Burgos, 1999, p. 118).

[24] Cabe salientar, que forças políticas representadas pelo PMDB paulista, associadas às figuras de Ulysses Guimarães e Orestes Quércia, possuíram papel fundamental no processo de escolher a cidade de Campinas (Burgos, 1999).

reboque perguntas de como as ideias reagiriam ao novo sistema de governo, sobretudo, em relação aos ajustes orçamentários e a definitiva localização do laboratório.

> Este era o período de transição política no país. Em novembro o Congresso Nacional elegera indiretamente Tancredo Neves. Com seu falecimento, o novo Presidente José Sarney manteve as decisões já tomadas pelo presidente eleito e, dentre outras coisas, criou o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao qual o CNPq ficou formalmente ligado. Lynaldo Albuquerque deixou a presidência do CNPq, e um novo presidente, Roberto Santos, foi escolhido pelo novo Ministro da Ciência e Tecnologia, Renato Archer (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 5).

O governo democrático, pela interferência de José Sarney, criou o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em 15 de março de 1985, mediante o decreto n.º 91.146. O primeiro escolhido ao cargo de ministro foi Renato Archer[25]. De imediato, por possuírem relações amistosas com o ministro empossado, os responsáveis pelo LNRS presumiram que o acelerador síncrotron receberia atenção especial do governo.

Roberto Lobo se manteve como diretor e presidente do LNRS, mesmo após os ajustes do novo governo. Visando continuar com as propostas estabelecidas, marcou uma audiência com o presidente do CNPq, Roberto Santos, representando as pautas do laboratório. O encontro previa debater a disponibilidade de subsídios financeiros para mantê-lo funcionando. Infelizmente, as devolutivas referente às solicitações foram negativas.

Naquela circunstância, não receberam o apoio do conselho, porque os membros interpretavam haver outras necessidades científicas mais urgentes para o país, tais como "restabelecer os investimentos em equipamentos dos laboratórios mantidos pelo CNPq e, concomitantemente, reajustar as bolsas de pesquisas das universidades" (Burgos, 1999, p. 110).

Durante o processo de redemocratização, os coordenadores do LNRS observaram que as transformações no sistema político poderiam suplantar obstáculos às propostas. Para superar os desafios, o Conselho Diretor organizou uma série de atividades preparatórias no escopo técnico-administrativo, passíveis de se exercer sem grandes investimentos. Para conseguirem subsídios, incentivaram os pesquisadores a se qualificarem ao máximo nos

[25] Renato Archer, o nome indicado para presidir o Ministério da Ciência e Tecnologia, era militar de carreira que, no decorrer de sua vida, se envolveu na política, ocupando diversos cargos governamentais. Na década de 1950, esteve vinculado a ampla frente que defendia os assuntos atômicos e nucleares no país. Esse vínculo, rendeu-lhe, no ano de 1956, a representação brasileira na Agência Internacional de Energia Atômica. Portanto, percebe-se que, os membros do LNRS ter como aliado o ministro Archer, lhes trariam diversas vantagens que poderiam facilitar o acesso ao financiamento e investimentos. Disponível em: https://www18.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-biografico/renato-bayma-archer-da-silva. Acesso em: 3 fev. 2023.

múltiplos usos da radiação síncrotron. No decorrer do processo, os pesquisadores deveriam apresentar e divulgar o êxito dos resultados, mesmo perante recursos limitados, para surpreender positivamente àqueles que desconfiavam do potencial científico e produtivo da ferramenta (Velho; Pessoa Jr., 1998).

A estratégia inicial do Conselho Diretor do LNRS era capacitar pesquisadores para operar aceleradores de radiação síncrotron, além de promover feiras, eventos locais e regionais, bem como congressos nacionais. Era necessário demonstrar, social e politicamente, o potencial da máquina para impulsionar o segmento industrial e científico-tecnológico brasileiro. Com base no cenário de recursos limitados, membros do LNRS acreditavam que uma estrutura técnica e administrativa bem articulada poderia indicar a integridade do laboratório (Burgos, 1999).

Embora poucos objetos físicos estivessem propriamente construídos, a composição do LNRS, no âmbito técnico-administrativo, estava pronta. Essa organização reforçou o conceito de que, construir uma máquina síncrotron, alojá-la em laboratório nacional com localização precisa, traria vantagens científicas e produtivas ímpares para o país.

Apesar dos esforços, ainda havia desconfiança de membros do governo. O novo ministro do CNPq não se interessou pelo projeto, deixando-o alheio à lista de prioridades.

> O resultado da reunião foi desfavorável para o laboratório, e Lobo foi dito que teria que esperar. Aguardou até o final de 1985, mas como nada aconteceu, ficou alarmado com a perspectiva de todo o trabalho anterior ter sido em vão. Assim, tentou falar diretamente com o Ministro da Ciência e Tecnologia, mas não conseguiu audiência. Nessa altura interveio Rogério Cerqueira Leite, influente físico da Universidade de Campinas. Cerqueira Leite, que mantinha boas relações com os diretores do LNRS, especialmente com Cylon Gonçalves da Silva, passou então a manter contato com o Ministro Archer, pois ambos eram ligados ao grupo político de Ulysses Guimarães, do PMDB, e então Presidente da Câmara dos Deputados (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 6).

Rogério Cerqueira Leite era simpatizante dos debates acadêmicos sobre ciência e tecnologia como estratégia para o desenvolvimento nacional. Por essa razão, Cerqueira Leite conviveu com parlamentares comprometidos com a preservação do LNRS no âmbito político. Ao tomar conhecimento dos empecilhos, percebeu que o laboratório possuía necessidades urgentes e decidiu, portanto, mediar o conflito de interesses com Robertos Santos (Velho; Pessoa Jr., 1998).

Rogério Cerqueira Leite teve uma participação política fundamental. Sem a participação dele, dificilmente as demandas pretendidas seriam autorizadas pela gestão do CNPq. A interferência trouxe ânimo ao projeto e provocou revés:

> Como resultado, em 30 de janeiro de 1986, o Ministro Renato Archer nomeou uma comissão de especialistas para aconselhá-lo com relação ao LNRS, passando por cima do presidente do CNPq. Esta comissão, que não incluía Roberto Lobo, foi encarregada de apresentar uma versão consolidada do projeto do laboratório, com cronograma e orçamento de sua implementação. A proposta ficou pronta em junho, aprovada pelo MCT. Os recursos financeiros necessários para a instalação do projeto para os cinco anos seguintes foram incluídos no Plano de Ciência e Tecnologia submetido ao Ministério do Planejamento (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 6).

O LNRS se reabilitou nos planos do governo. A partir de 1986, as negociações assumiram um tom mais conciso. Os líderes do MCT e do CNPq apoiaram, politicamente, a construção do laboratório nacional, bem como o acelerador de partículas com emissão de radiação síncrotron.

No mesmo ano, o professor Crodowaldo Pavan assumiu a presidência do CNPq. Se a administração anterior não se mostrava interessada nas propostas do Conselho Diretor do LNRS, a de Pavan se comprometeu a investir e fornecer recursos para o laboratório durante o período de sua gestão (Burgos, 1999).

O ministro Renato Archer, assim como Crodowaldo Pavan, também apoiava a institucionalização do laboratório nacional. Ele compreendia que o desenvolvimento científico-tecnológico nacional deveria figurar em meta constante das políticas nacionais, rompendo a subordinação e dependência de tecnologias estrangeiras (Kreinz; Nunes, 2023).

O pensamento articulado de ambas as instituições animou os pesquisadores do laboratório. O presidente Crodowaldo Pavan e o ministro Renato Archer demonstraram confiança na capacidade técnica e tecnológica do acelerador de partículas de luz síncrotron, o que despertou a confiança do Conselho Diretor do LNRS e dos demais membros associados (Kreinz; Nunes, 2023).

Em diálogo com as mesmas prerrogativas, MCT e CNPq estabeleceram relações amistosas e trabalharam em conjunto para promover políticas de desenvolvimento científico-tecnológico no país. Essas conexões de cooperação permitiram que as instituições estabelecessem acordos, fornecendo recursos financeiros para atender às demandas técnicas e administrativas do LNRS (Burgos, 1999; Kreinz; Nunes, 2023).

Em paralelo a esse processo, o congresso nacional propôs uma reforma política na lista dos cargos públicos. Ao serem informados da decisão, membros do Conselho Diretor do LNRS se reuniram com a gestão do MCT para encaminhar detalhes sobre os integrantes que continuariam ou sairiam das suas funções. No desfecho da reunião, Roberto Lobo soube que não prosseguiria como diretor do LNRS e de antemão renunciou o cargo (Burgos, 1999).

Durante o primeiro período da redemocratização, todos os órgãos governamentais propuseram um novo modelo de organização política e administração pública — nesse aspecto, inclui-se a direção do MCT e o CNPq. Dessa forma, as diretrizes dos projetos elaborados pelo LNRS deveriam ser reescritas. O objetivo do governo era se desvencilhar da antiga política da ditadura, assim, "preferiram indicar nomes não correlacionados aos militares" (Burgos, 1999, p. 125) para exercerem funções públicas.

Mesmo após renunciar, Roberto Lobo continuou participando de algumas decisões e oferecendo contribuições pontuais. Ele desempenhou, inclusive, intervenção direta na escolha do professor e pesquisador da Unicamp Cylon Gonçalves para assumir a liderança do Conselho Diretor do LNRS:

> Novamente uma reunião informal foi organizada com Rogério Cerqueira Leite, Roberto Lobo e outros, e concordou-se que Lobo, recém convidado para ser o vice-reitor da USP, renunciaria ao seu cargo no LNRS. O grupo, após muita discussão, acertou que Cylon Gonçalves da Silva seria o substituto, e seu nome foi apresentado ao presidente do CNPq e ao Ministro de Ciência e Tecnologia (Velho; Pessoa Jr., 1998, p. 6).

Depois de alguns meses em que Roberto Lobo renunciou a direção do LNRS, Cylon Gonçalves assumiu. Nesse processo de transição de liderança, ficou estabelecido em setembro de 1986, que o laboratório seria renomeado, estreando, portanto, o nome de Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) (Burgos, 1999).

Essa mudança de "radiação" por "luz" foi realizada no intuito de inibir qualquer tipo de confusão com a radiação produzida pelas usinas nucleares, assim como impedir qualquer relutância e aversão popular (Velho; Pessoa Jr., 1998).

Ainda no ano de 1986, os nomes de Cylon Gonçalves para presidência do Conselho Diretor e de Aldo Craievich para ser o Vice-Diretor foram aprovados. Ficou "estabelecido por intermédio da Portaria n° 577/86 e da Portaria n° 580/86 que eles liderariam todos os detalhes da construção dos prédios do LNLS" (Burgos, 1999, p. 125).

Em 1987, um ano após as alterações do nome do laboratório junto a nomeação fixa do Conselho Diretor, um galpão no bairro Jardim Santa Cândida, localizado na cidade de

Campinas, foi adquirido pelo CNPq e disponibilizado para a equipe (**Fotos 1 e 2**). Foi no referido ano em que as atividades do LNLS começaram efetivamente. O trabalho de diversos engenheiros, técnicos e pesquisadores, produziram os primeiros componentes do acelerador síncrotron do Hemisfério Sul (LNLS, 2023).



Foto 1: Galpão adquirido pelo CNPq, no bairro Jardim Santa Cândida, em Campinas (SP), para abrigar a equipe do LNLS (1987)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023



Foto 2: Estrutura interna do galpão, oficinas mecânicas e escritórios organizados (1988)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

É importante salientar que, no final da década de 1980, o LNLS cristalizou a aprovação das lideranças do MCT e CNPq. Eles publicaram editais para chamadas públicas de financiamento e parcerias público-privadas a fim de patrocinar as pesquisas em desenvolvimento no laboratório (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos, 1999).

Apesar da sinalização positiva do MCT e CNPq para a construção imediata, houve atraso no início das obras. Os subsídios insuficientes para a conclusão de todos os componentes da máquina, assim como para o espaço físico do laboratório que receberia o acelerador, foram a razão da morosidade. Devido à escassez de recursos financeiros para a execução dos projetos, diversas atividades foram reorganizadas (Burgos, 1999).

Burgos (1999) assinalou que a escassez de recursos financeiros implicaram adaptações e revisões no projeto básico da máquina. Por isso, a equipe de técnicos e engenheiros tiveram que refazer os parâmetros e repensá-los nos modelos exigidos para que se pudesse prosseguir. A partir da revisão geral, em 1989, a construção do LINAC (Acelerador Linear de Partículas), um dos componentes mais importantes da máquina, foi finalizada (**Foto 3**).

Logo na primeira operação, depois de todos os reajustes, o equipamento emitiu um potente feixe de elétrons, atingindo a unidade de 50 MeV, alto índice de energia e brilho que, futuramente, o qualificaria em acelerador da geração síncrotron (Velho; Pessoa, Jr., 1998; LNLS, 2023).

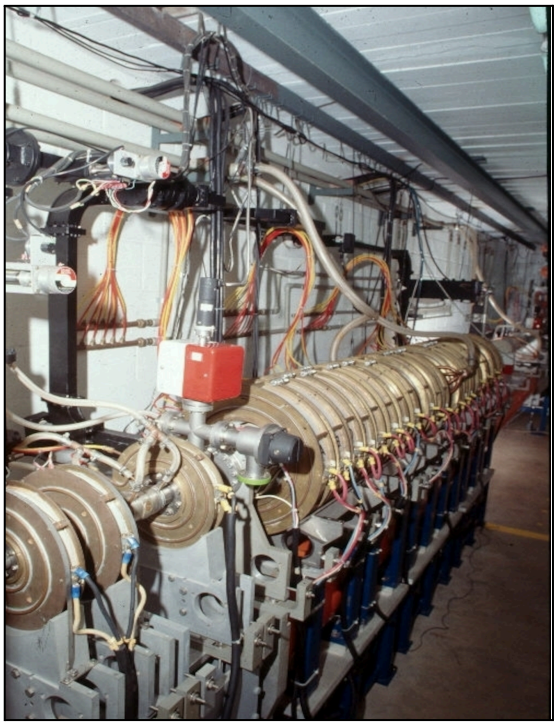


Foto 3: Primeira versão do LINAC com energia de 50 MeV (1989)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

Com o LINAC finalizado, aumentou-se a propriedade e o raio dos elétrons emitidos pela máquina, ampliando o horizonte de pesquisas em física, química, biologia, engenharias e ciências dos materiais. Além de contribuir cientificamente, a máquina propiciou inovações técnicas e experimentais que aperfeiçoaram a condição e evolução do acelerador, tornando-o cada vez mais potente e moderno.

Meses após a inauguração do LINAC, "o Governador do Estado de São Paulo, Orestes Quércia, decidiu doar uma área de 380 mil metros quadrados no polo de alta tecnologia de Campinas, próximo da Unicamp e do CPqD da Telebrás" (Burgos, 1999, p 160). A doação se efetivou em maio de 1990, quando o terreno foi entregue e passou a pertencer legalmente ao LNLS (**Foto 4**).



Foto 4: Terreno doado pelo governador do estado de São Paulo, Orestes Quércia (1990)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

Evidentemente, conceber um projeto científico de grande envergadura exigiu apoio político. Sendo assim, a contribuição do governo paulista, ao doar uma área considerável para a construção do laboratório, tornou-se uma contribuição vital. Os recursos financeiros e/ou incentivos foram fundamentais em todos os estágios de sua implantação e manutenção periódica.

> A negociação para a cessão do terreno que abrigaria a sede definitiva do Lab é, assim, mais um fator a configurar o quanto a implantação do LNLS foi favorecida por uma conjuntura política particular, que lhe permite desfrutar

> de amplo apoio governamental, do plano Federal ao Estadual, ambos dominados pelo PMDB, partido que também era hegemônico no Congresso Nacional. […] o LNLS havia conquistado um espaço próprio entre as instituições científicas existentes no país, retirando daí sua capacidade de sobreviver aos cortes orçamentários e as outras medidas francamente restritivas ao desenvolvimento da área da ciência e tecnologia, tomadas a partir de 1990 (Burgos, 1999, p. 160).

Com apoio político e financeiro, engenheiros e técnicos do LNLS construíram e aprimoraram diversos componentes da máquina. Após finalizarem as peças, enviavam-nas para estações experimentais localizadas em países europeus, que contavam com uma vasta experiência em tecnologia de aceleradores. O objetivo associava-se à ideia de que os pesquisadores realizassem os testes e fornecessem relatórios precisos dos resultados alcançados, uma vez que, naquele instante, os brasileiros não dispunham de experiência consistente.

Essas estratégias, que incluíam o envio de componentes para laboratórios internacionais, foram relevantes e perspicazes. Tais medidas fortaleceram os vínculos do LNLS com diversos grupos que estudavam mecanismos para gerar luz síncrotron. As conexões criadas permitiu o intercâmbio entre os cientistas (CNPEM, 2015)[26], bem como o compartilhamento de novidades científicas sobre o tema em questão. Com essas relações, os pesquisadores brasileiros amadureciam suas competências.

Os meses seguintes à inauguração do LINAC foram de relativa estabilidade financeira. Os recursos possibilitaram a aquisição de materiais para fabricar peças e componentes, como os ímãs dipolos dos anéis de armazenamento **(Foto 5**), introduzidos no acelerador circular em 1996 (LNLS, 2023).

[26] O intercâmbio de cientistas entre institutos de pesquisa se tornou prática comum. Em 1985, por exemplo, o ministro Renato Archer, responsável pela pasta do Ministério da Ciência e Tecnologia, havia viajado aos Estados Unidos com um grupo de quatro pessoas ligadas ao LNRS na época. O grupo realiza uma missão de três meses no *Stanford Linear Accelerator Center* (SLAC), aprendendo sobre fonte de luz síncrotron.



Foto 5: Carreira de ímãs dipolos construídos pela equipe do LNLS (1993)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

A fabricação dos componentes principais do acelerador avançaram, mas o prédio definido como o local da máquina não estava construído. Burgos (1999) salientou que, desde que o governo estadual doou o terreno no Polo II de Alta Tecnologia de Campinas, o LNLS esperava a liberação de verbas para erguer os prédios anexos do campus.

Somente em junho de 1992, se inaugurou o primeiro prédio do campus (**Foto 6**). O custo total da obra atingiu US$4 milhões na época, sendo que 21% das despesas vieram do Plano Nacional de Desestatização (PND), ou seja, cerca de US$840 mil repassados diretamente pelo governo federal ao LNLS (Burgos, 1999).



Foto 6: Vista parcial do campus, com o primeiro prédio do LNLS finalizado (1992)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

A despeito da afinidade e trabalho coletivo, os membros responsáveis pela construção e montagem dos componentes do acelerador não se isentaram das dificuldades e novos desafios para além das disposições técnicas. A colaboração duradoura estava com prazos para terminar. Em 1993, os contratos dos funcionários do LNLS subordinavam-se ao Convênio Funcamp, válidos apenas até julho daquele ano.

> Na décima terceira reunião do conselho diretor do LNLS, realizada em setembro de 1993, o diretor do laboratório explica aos conselheiros que 85% do pessoal do LNLS é contratado pelo convênio com a Funcamp e que sempre foi um problema obter recursos do CNPq para folha de pagamento. Em seguida, adverte que o TCU realizou uma inspeção que deu origem a relatórios que levantaram uma série de supostas propriedades, a mais complicada delas foi a contratação de pessoal. A alternativa encontrada pelo laboratório foi a de solicitar a recontratação da Funcamp com dispensa de licitação (fundamentada na Lei n.° 8.666/93,Te permite a contratação sem licitações de entidades sem fins lucrativos, voltadas à C&T), alegando que o baixo custo de contratação da Funcamp, pelo fato de ser uma instituição sem fins lucrativos, de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, assegurava ao LNLS a possibilidade de concluir a construção da fonte de luz síncrotron) (Burgos, 1999, p. 191).

E complementa com informações minuciosas sobre o assunto:

> Como justificativa para dispensa de licitação a diretoria do LNLS observou que a opção de projetar e construir os equipamentos necessários tanto quanto possível no Brasil, demandou uma mão de obra treinada e qualificada que não havia no país naquela época e, para tanto, foi se buscar a colaboração da Universidade Estadual de Campinas, pela escolha do local para instalação do LNLS […] O apelo encaminhado ao CNPq, e também para a Reitoria da Unicamp, viabilizou, em outubro de 1993, a assinatura, sem licitação, de um novo contrato com a Funcamp, com vigência até 1997 […] Apesar do amparo legal da operação, ela envolveu a mobilidade da vontade política, sobretudo para que pudesse ser feita a curto prazo, evitando, assim, qualquer prejuízo a equipe do laboratório (BURGOS, 1999, p. 191–192).

O respiro com a solução dos problemas referentes aos contratos de trabalho e a disponibilidade de subsídios para construir o primeiro prédio aliviaram os ânimos por um momento. Porém, nota-se que os espaços careciam de ser ampliados porque a dimensão dos equipamentos necessitavam de um ambiente maior.

Dessa forma, em março de 1993, outra parcela de recursos foram liberadas para o laboratório, visando expandir as instalações. Em 1995, os prédios anexos do campus estavam preparados para que a equipe do LNLS montasse as estruturas do acelerador (**Fotos 7, 8 e 9**).



Foto 7: O prédio que abrigaria o acelerador fonte de luz síncrotron sendo construído (1994)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023



Foto 8: Instalações do acelerador de partículas síncrotron finalizadas (1995)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023



Foto 9: Visão frontal do prédio que abrigou a fonte de luz síncrotron de 1995 a 2018
Fonte: acervo do autor, 2022

A conclusão dos anexos, em outubro de 1995, permitiu que o Conselho Diretor do LNLS preparasse a montagem do acelerador, prevista para acontecer em seis etapas, determinadas por um período de sete meses. Um dos estágios mais relevantes era o desenvolvimento do novo acelerador linear, cujo potencial deveria atingir 100 MeV (**Foto 10**), ocupando 18 metros de comprimento (Burgos, 1999).

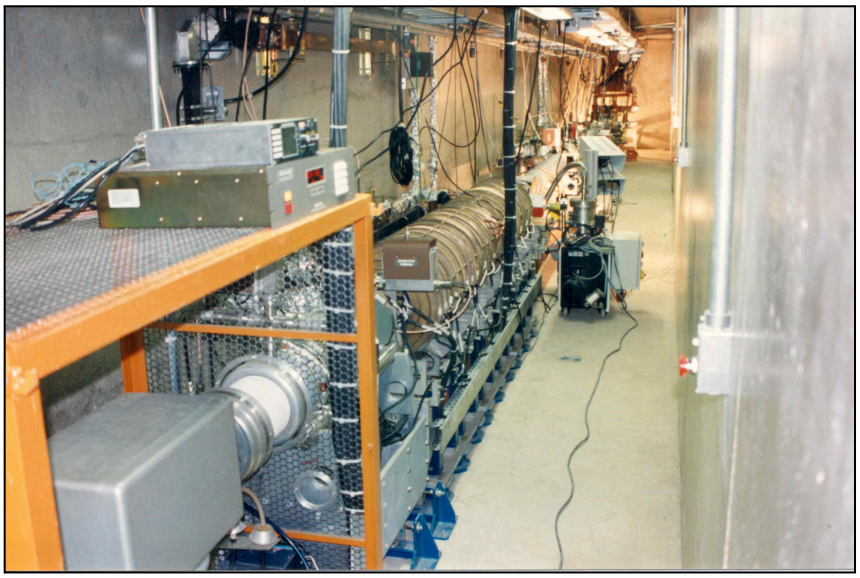


Foto 10: Versão aperfeiçoada do LINAC com energia de 100 MeV (1995)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

As atividades programadas foram executadas com sucesso nos primeiros meses. As instruções para a montagem da máquina estavam nos prazos estabelecidos pelo Conselho

Diretor e, nesse momento, o LNLS estava quase preparado para receber toda a estrutura do acelerador (**Foto 11**). Da mesma forma que a máquina síncrotron, a construção do prédio também precisava satisfazer a requisitos mais complexos. A construção precisou da equipe de engenheiros e técnicos o profundo planejamento e conhecimento para atender a todas as especificidades exclusivas desta instalação de ponta. A arquitetura da edificação deveria proporcionar estabilidade para abrigar o acelerador, ou seja, ser resistente a vibrações e cargas extremas, assegurando o funcionamento ideal (LNLS, 2014).



Foto 11: Visão interna do prédio da máquina de luz síncrotron (1995)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

Concomitante à construção do prédio, engenheiros e técnicos do LNLS finalizaram o projeto que determinou a montagem e organização da máquina (**Figura 8**), além de indicar as especificidades de cada estação experimental, ou seja, quais funcionalidades cada uma delas ofereceria aos seus usuários.

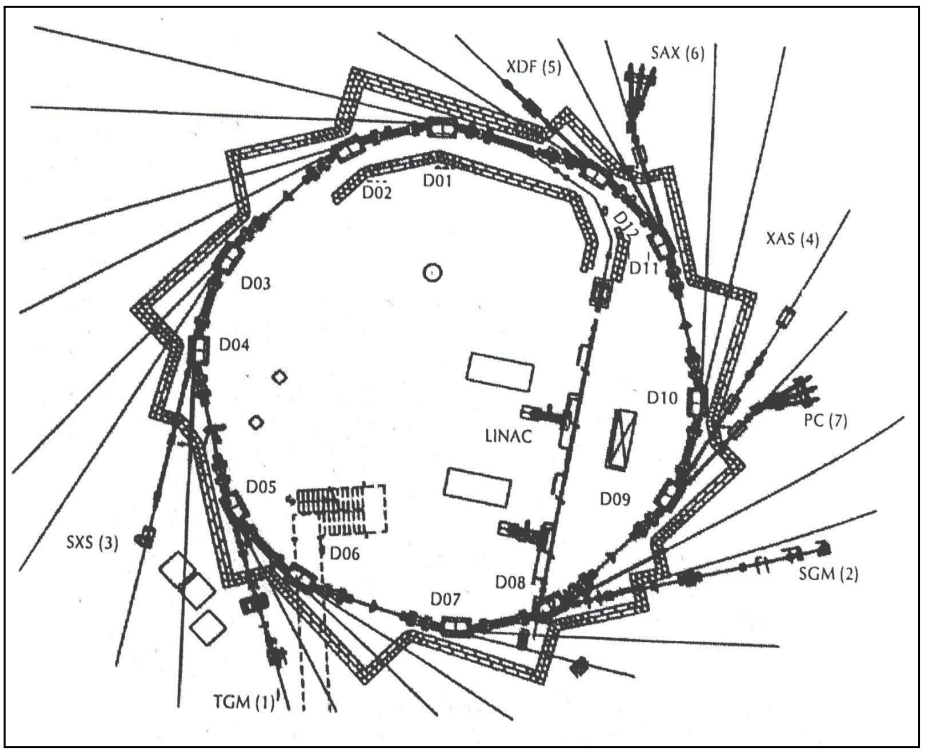


Figura 8: Esboço das estações experimentais e linhas de luz do primeiro acelerador síncrotron
Fonte: adaptado de Burgos (1999, p. 182)

Para melhor compreender a aplicabilidade de cada uma das estações experimentais e sua importância científica, que posteriormente reunidas se tornaria o primeiro acelerador síncrotron do Hemisfério Sul, Burgos (1999, p. 181–182) explicou minuciosamente as especificidades das linhas de luz:

> **Linha 1, TGM (Monocromador de Rede Toroidal)**, terá as seguintes aplicações: física de superfície, química de superfície, espectroscopia molecular, estrutura eletrônica de superfícies da matéria condensada e espectroscopia de massa; **Linha 2, SGM (Monocromador de Rede Esférica)** será dedicada a espectroscopias de alta resolução de Raio-X moles, estudos de propriedades eletrônicas e magnéticas da matéria condensada; **Linha 3, SXS (Espectroscopia de Raios-X moles)**, deverá atender as áreas de espectroscopia de níveis profundos de metais de transição, de terras raras e de filmes finos; **Linha 4 XAS (XANES e EXAFS — Espectroscopia de Raios-X)**, será dedicada à investigação sobre o estado químico dos átomos e sobre a estrutura atômica local de materiais desordenados, como vidros, catalisadores e materiais compostos; **Linha 5, XDF (Difração de Raios-X)**, contemplará estudos de materiais mono e policristalinos, e de transformações estruturais como corrosão, endurecimento e formação de tensões residuais; Linha 6 SAXS **(Difusão de Raios-X a pequenos ângulos)**, O estudo de materiais heterogêneos em escalas sub microscópica, de estruturas fractais, materiais microporosos, etc.; **Linha 7, PC (Cristalografia de Proteínas)**, dará lugar a investigações sobre a estrutura atômica de proteínas e outras macromoléculas de interesse biológico em estado cristalino.

Toda a estrutura do prédio encontrava-se nos padrões e especificidades requisitadas. Além disso, a definição das estações experimentais já estavam organizadas conforme o planejamento do Conselho Diretor do LNLS. Desse modo, após a conclusão do prédio, o grupo e os equipamentos começaram a ser transferidos para o novo local. Neste momento, foram realizados testes isolados e, aparentemente, foram necessários ajustes para o sistema funcionar completamente, sem necessidade de inspeção constante.

Finalmente, no dia 22 de maio de 1996, aconteceu a primeira volta completa dos elétrons por toda a extensão do anel de armazenamento. Essa conquista representou um passo importante na plena finalidade do acelerador, porque demonstrou o sucesso da instalação e de todos seus sistemas de controle (Petroff, 2017).

No segundo semestre do mesmo ano, as primeiras linhas de luz passaram a ser instaladas no LNLS. Elas se caracterizam por ramificação, ou seja, pode ser captada por toda a extensão dos anéis de armazenamento do síncrotron, permitindo que a luz síncrotron seja direcionada para diferentes estações de experimentos e pesquisas científicas (Petroff, 2017). Cada linha de luz foi projetada para atender a requisitos específicos e fornecer radiação de alta intensidade e qualidade em diferentes faixas de energia.

"As linhas de luz começaram a ser instaladas […] e, em outubro, a primeira radiação síncrotron foi observada numa das linhas de luz. Em 1º de julho de 1997, a LNLS *Synchrotron Light Source*, denominada UVX, foi aberta aos primeiros usuários" (Petroff, 2017, p. 19) (**Fotos 12 e 13**).



Foto 12: Primeira visita aberta para convidados observarem a luz síncrotron (1996)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

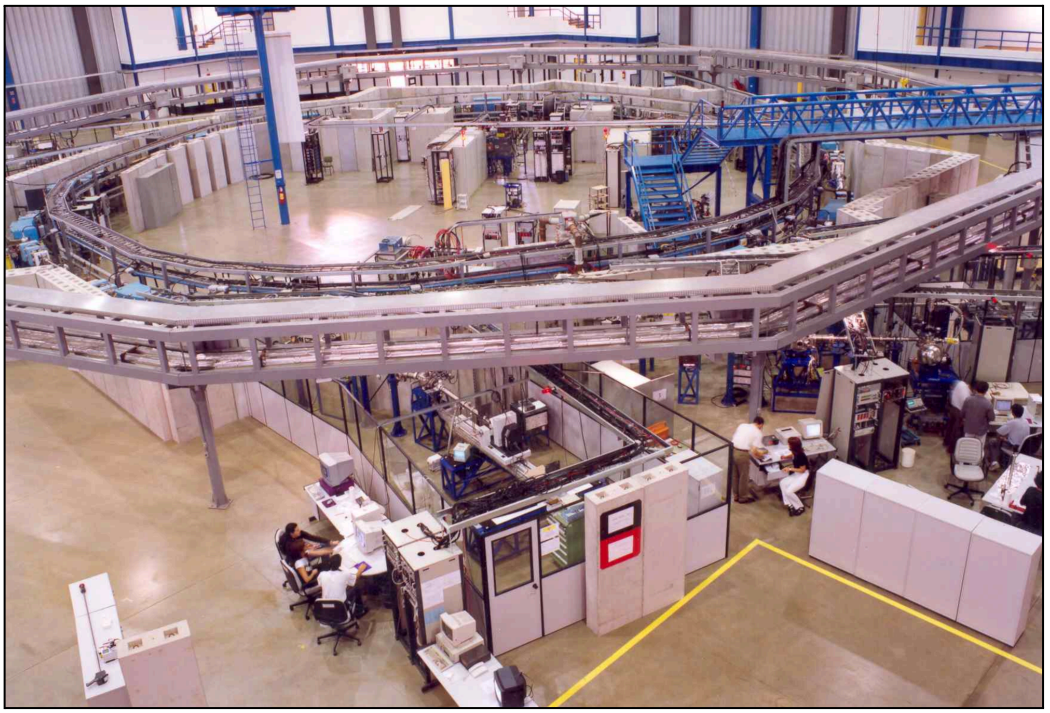


Foto 13: Acelerador síncrotron UVX aberto à comunidade científica e tecnológica (1997)
Fonte: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), 2023

Em 1997, o esperado momento de comemorar a completa organização do LNLS finalmente chegou, pois as sete linhas de luz do UVX estavam preparadas e abertas para o uso da comunidade científica e tecnológica. O clima de entusiasmo pairava no ambiente, especialmente porque o caminho percorrido fora submetido a muitos obstáculos.

Petroff (2017, p. 19) declarou que a inauguração foi bastante comemorada, dada a circunstância política e econômica brasileira das décadas de 1980 e 1990: "É preciso salientar que esse centro de radiação síncrotron, construído em condições muito difíceis (na maioria das vezes o diretor não tinha o orçamento para o mês seguinte), é provavelmente o mais barato já construído".

O trabalho conjunto entre físicos, engenheiros e técnicos foi crucial para o êxito operacional do acelerador síncrotron. Havia agilidade nesse processo, porque "como ele foi construído em casa, caso surgisse algum problema, ele poderia ser corrigido muito rapidamente (e a equipe conhecia a máquina de dentro para fora)" (Petroff, 2017, p. 19).

Devido esse aspecto de proximidade, a equipe estava habilitada para prevenir e resolver irregularidades nos componentes das sete estações experimentais. Além disso, constata-se que a afinidade estabelecida entre os cientistas brasileiros envolvidos no projeto prevaleceu. O grupo superou, gradativamente, o excesso de burocracia, escassez de recursos

financeiros, desconfiança e ceticismo e construíram um acelerador de partículas síncrotron de terceira geração, único no Hemisfério Sul usando tecnologia nacional.

CAPÍTULO 5 — A INAUGURAÇÃO DO SÍNCROTRON UVX: O PRINCÍPIO DA FUTURA CONSTRUÇÃO DO ACELERADOR DE PARTÍCULAS SIRIUS

Desde a aprovação institucional do projeto, em 1987, os colaboradores que trabalhavam no laboratório nacional atuavam mediante contratos firmados por licitações. Conforme Burgos (1999) esse processo dificultava a execução plena do projeto, porque com a constante renovação da equipe, o resultado era a perda significativa de desempenho. Além disso, o iminente processo de capacitar e treinar sistematicamente novos pesquisadores para contribuírem prejudicava o compasso coordenado da obra.

Até meados de 1993, os que trabalhavam no LNLS eram pesquisadores que exerciam suas funções mediante um convênio vinculado à Funcamp. Burgos (1999) apresentou o dado que revelou que 85% do pessoal do LNLS era contratado pela Funcamp e complementou afirmando que essa relação contratual dificultava que os subsídios públicos chegassem. Nessa época, a fim de analisar a situação financeira e administrativa do laboratório nacional, "o TCU fez uma inspeção que deu origem a relatórios que levantaram uma série de supostas impropriedades, a mais complicada dela foi contratação de pessoal" (Burgos, 1999, p. 191).

O Concelho Diretor do LNLS se preocupava que incerteza nos contratos e o acesso complicado aos subsídios pudessem paralisar todos seus projetos, especialmente a construção do primeiro acelerador de partículas síncrotron. Por esse motivo, a gestão solicitou ao CNPq que a Funcamp fosse novamente a encarregada de contratar os pesquisadores que trabalhavam no laboratório, haja vista que seus objetivos se vinculavam tanto em manter a coesão do planejamento estabelecido, bem como em permanecer com os mesmos membros da equipe. Devido seus vínculos e parcerias de longa data, o Concelho Diretor almejava que tal fundação ainda continuasse intermediando os processos de contratos.

Burgos (1999, p. 191) relatou que o Conselho Diretor pediu à coordenação do CNPq que o convênio com a Funcamp fosse renovado "fundamentados na Lei n° 8.666/93, que permite a contratação sem licitações de entidades sem fins lucrativos, voltadas à C&T". Esse movimento estratégico indicou que os líderes do laboratório compreendiam a importância de manter os parâmetros pré-estabelecidos e, sobretudo, contar com a colaboração dos mesmos grupos de pesquisadores.

> O apelo encaminhado ao CNPq, e a Reitoria da Unicamp, acaba por válido até 1997, pela qual esta fica incumbida de fornecer em regime de CLT toda a mão de obra necessária para tocar o projeto, diverso, portanto, do primeiro contrato, que fora firmado com o fito exclusivo de ensejar a construção do

> acelerador linear, embora, desde 1989, através de Termos Aditivos, viesse sendo renovado, suportando, na prática, outras atividades (Burgos, 1999, p. 192).

O pedido foi rapidamente atendido pelo CNPq. A instituição concordou que a solicitação era válida e por algum tempo a equipe teve tranquilidade para trabalhar e executar os estágios relacionados à construção do acelerador. A iniciativa dessa aprovação foi muito importante, porque indicava que os membros do laboratório teriam condições de organizar uma equipe qualificada para manter em voga suas pesquisas. No entanto, quando o contrato terminou em 1997, novamente o convênio apresentou algumas condições que alertaram a administração do laboratório, associadas, principalmente, às restrições orçamentárias (Burgos, 1999).

Para superar esses contratempos financeiros e administrativos, os diretores do LNLS resolveram procurar alguns congressistas que os apoiavam, no intuito de que suas pautas fossem levadas para serem debatidas com os demais parlamentares no plenário — o principal objetivo era conseguir subsídios para manter em curso as pesquisas realizadas nas dependências do laboratório nacional (Burgos, 1999). O saldo dessa procura foi parcialmente positivo, pois recursos destinados para o desenvolvimento científico e tecnológico chegaram ao LNLS, porém, os fundos foram insuficientes e os problemas referentes ao convênio de contratação persistiram.

Medidas incisivas precisaram ser tomadas para resolver essa incerteza latente da disponibilidade da mão de obra e também do acesso e captação de recursos para o laboratório. A partir de suas experiências negativas, o Concelho Diretor do LNLS tomou nota de suas necessidades e verbalizou às raízes do problema:

> Uma solução permanente para o problema demandava, entretanto, a discussão em torno de um novo modelo institucional, capaz de permitir "flexibilidade e meios de gerar recursos suficientes para cobrir a folha de pagamento", uma vez que, "dada a natureza da atividade de pesquisa, é importante ter um fluxo constante de novos pesquisadores", e se a estrutura de laboratório nacional parece prestar-se e mesmo exigir isso, por outro lado, "o regime de trabalho do servidor público, com sua estabilidade prematura, cria sérios obstáculos" (Burgos, 1999, p. 192 apud LNLS, 1993).

Observa-se que a principal dificuldade encontrada pelos membros do Concelho Diretor se referiu à organização institucional em que o LNLS estava subordinado. A burocracia imposta pelas leis de licitações, o procedimento cauteloso de concursos públicos e

as barreiras políticas e econômicas impostas para atrair investimentos privados, prejudicava os avanços científicos do laboratório.

Para solucionar os impasses encontrados, o Concelho Diretor do LNLS indicou que somente uma reorganização das diretrizes legais seria capaz de transformar essa situação indelicada, tanto no que se referia a contratação de profissionais quanto na liberação de recursos destinados às pesquisas com a luz síncrotron (Burgos, 1999). Concomitante ao período de insatisfação com a organização administrativa e financeira em que o laboratório estava subordinado, a pauta do governo vinculou-se em promover mudanças na administração pública para modernizar o estilo de gestão, inibindo processos burocráticos no desfecho das atividades institucionais.

No mandato presidencial de Fernando Henrique Cardoso, ocorreu o início de um processo de reforma no aparato estatal, com o propósito de implementar mecanismos de desburocratização dos serviços públicos. Para atingir esse objetivo, em 1995, foi criado o Ministério da Administração Federal de Reforma do Estado (MARE). O ministério assumiu a responsabilidade de avaliar modelos políticos e econômicos para o país, o que resultou na formulação do Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado (Burgos, 1999; Bresser-Pereira, 2000).

Conforme os apontamentos de Bresser-Pereira (2000, p. 14, grifo nosso), a "reforma administrativa" proposta no relatório do MARE comportou três linhas bem definidas, cabendo a atenção para a de gestão:

> A reforma gerencial de 1995 tem três dimensões: uma institucional, outra cultural, e uma terceira, de gestão. No trabalho que eu e minha equipe realizamos no Mare demos prioridade para a mudança institucional, já que uma reforma é antes de mais nada uma mudança de instituições. Mas só foi possível aprovar as novas instituições depois de um debate nacional no qual a cultura burocrática até então dominante foi submetida a uma crítica sistemática, ao mesmo tempo que as novas instituições eram defendidas, particularmente a quebra da estabilidade total de que gozavam os servidores na Constituição de 1988 e a idéia de transformar os serviços sociais e científicos prestados pelo Estado em organizações sociais, ou seja, em organizações públicas não-estatais financiadas pelo orçamento do Estado e supervisionadas através de contratos de gestão.

Dentro dos parâmetros definidos no planejamento da reforma, cabe sublinhar as medidas que visaram transformar as instituições responsáveis pelos serviços sociais e científicos em organizações sociais de caráter não-estatal, mantidas e supervisionadas pelo Estado. Essa proposta de reforma representou uma perspectiva favorável para o LNLS,

especialmente na redução dos níveis de burocracia na contratação de trabalhadores e na captação de recursos financeiros. Mediante a seguridade constitucional concedida por essas alterações administrativas, o laboratório passaria a desfrutar de plena autonomia na gestão de suas próprias demandas e responsabilidades.

No Brasil, as Organizações Sociais (OS) foram implementadas por intermédio da Lei 9.637/1998, tendo como pauta prioritária otimizar a administração pública. Nas entrelinhas da sua definição legal, elas se enquadram em: "[...] pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, cujas atividades sejam dirigidas ao ensino, à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico, à proteção e preservação do meio ambiente, à cultura e à saúde [...]" (Brasil, 1998, n.p.).

Mesmo antes dessa lei ser oficialmente aprovada pelo Congresso Nacional, cuja informação fora antecipada mediante políticos aliados de que ela estava prestes a entrar em vigor, os diretores do LNLS realizaram um pedido ao governo para que o laboratório fosse desmembrado do CNPq (Burgos, 1999). O pedido foi aceito e o laboratório se transformou na primeira Organização Social brasileira, cujo caráter da estrutura administrativa passaria de pública para privada, visando promover o desenvolvimento de conhecimento científico e tecnológico (CNPEM, 2023).

Ainda em 1998, foi criada a Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS), delegada para administrar o laboratório. A associação assumiu essa responsabilidade por meio de um Contrato de Gestão assinado com o CNPq e com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), em 29 de janeiro de 1998 (CNPEM, 2023). Desse modo, é possível elencar que a Lei das Organizações Sociais (OS) foi extremamente favorável para o LNLS permitindo-lhe autonomia e promovendo condições para que pudesse captar recursos privados, além de proporcionar liberdade institucional durante o processo de contratação de novos pesquisadores e colaboradores.

Com suas pendências administrativas resolvidas ao se transformar em OS, os pesquisadores do LNLS conseguiram se organizar para otimizar a dinâmica científica do laboratório e o caráter de suas investigações. Nos anos 2000, os brasileiros participaram de muitos eventos internacionais e acabaram percebendo que alguns países estavam debatendo medidas para melhorarem o desempenho de suas máquinas, proporcionando que cientistas desenvolvessem novas pesquisas, beirando a fronteira do conhecimento.

Nesse momento, os pesquisadores responsáveis pelo LNLS observaram que o acelerador síncrotron brasileiro estava perdendo sua competitividade frente à disponibilidade técnica e tecnológica que outros laboratórios podiam oferecer. A qualidade analítica dos

resultados que os cientistas obtinham pelo UVX não mais satisfaziam suas necessidades, quando comparados aos rendimentos que outras máquinas permitiam assimilar.

Reconhecendo as limitações técnicas do UVX, a equipe do LNLS se reuniu para debater quais medidas deveriam ser tomadas para aperfeiçoar o acelerador. A partir de 2003, os inúmeros eventos científicos organizados pelo laboratório tiveram como foco elaborar estratégias para restituir o potencial máximo da máquina e torná-la atrativa novamente. Como resultado, muitos artigos foram submetidos, pleiteando, sobretudo, deliberações de quais componentes precisavam ser modificados para otimizar o desempenho e, consequentemente, aumentar a precisão e o brilho da luz síncrotron (Rauen, 2007).

Muitos dos artigos publicados apresentaram o mesmo resultado, indicando quais componentes deveriam ser reavaliados, modificados ou construídos para sofisticar o acelerador. Neste ínterim, acatando as recomendações descritas pelos cientistas com o objetivo de aprimorar a máquina UVX, a ABTLuS estabeleceu alguns procedimentos para realizar a melhoria da infraestrutura do laboratório e indicou tal pauta como prioritária durante a execução do Plano Diretor (2006-2009) (ABTLuS, 2006; Rauen, 2007).

Em 2008, a ABTLuS desenvolveu um relatório sobre os caminhos para modernizar o LNLS. Dentre muitas especificações, nota-se o empenho para melhorar a espessura dos feixes de luz e sua estabilidade, bem como atualizar o sistema de injeção e do sistema de prevenção radiológica no anel de armazenamento das linhas de luz (ABTLuS, 2006; Rauen, 2017). Além dessas observações técnicas, inúmeras outras foram relatadas no Plano Diretor (2006-2009), principalmente referente ao planejamento de ampliar a capacidade infraestrutural do laboratório.

Conforme Rauen (2017, p. 337) o conteúdo da “primeira proposta conceitual da nova estrutura foi entregue ao MCTIC em 2008” interessando a pasta que, rapidamente, acatou às recomendações da ABTLuS e destinou recursos financeiros ao laboratório. Com o respaldo do governo, os pesquisadores iniciaram uma série de investigações científicas e processos técnicos para tornar o acelerador síncrotron brasileiro em umas das instalações mais tecnológicas do mundo.

A partir desse momento, o LNLS intensificou o número de eventos científicos, visando promover discussões sobre a luz síncrotron e divulgar características sobre seu potencial e aplicabilidade acadêmica e produtiva. Sustentando-se nos programas de desenvolvimento científico-tecnológico do governo federal, a ABTLuS designou, em 2009, uma equipe para trabalhar no projeto que pretendia construir uma nova fonte de luz no

laboratório. De maneira preliminar, o projeto recebeu o nome de LNLS-2, uma alusão a segunda versão do acelerador de partículas existente no campus (CNPEM, 2023).

Em 2009, a frequência dos eventos científicos promovidos pelo LNLS aumentaram. Além de reunirem os pesquisadores usuários, também envolveram diversos segmentos produtivos interessados no potencial uso da luz síncrotron para refinar seus produtos, representantes, sobretudo, do primeiro e segundo setor da economia (RAUEN, 2017; CNPEM, 2014).

O projeto LNLS-2 foi desafiador e, em virtude disso, abrangeu uma equipe de trabalho competente, versátil e especializada nas mais diversas áreas do conhecimento. Em 2009, com esse grupo organizado, conciso e multidisciplinar, os diretores do LNLS propuseram que todas as células de pesquisas presente no campus se unissem para fundar o Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), sustentando-se no mesmo propósito: transformar o lugar em complexo centro de investigações da matéria utilizando a luz síncrotron como ferramenta.

A proposta agradou e foi aprovada pelos pesquisadores responsáveis, assim, a partir desse momento, o CNPEM passou a comportar mais três laboratórios nacionais: o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) e o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) que, em 2019, seria renomeado como Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), ampliando e diversificando suas áreas de atuação. Cabe ressaltar que, alguns anos mais tarde, em 2011, outra unidade de pesquisa se estruturou no campus, o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) (CNPEM, 2023).

Com todos operando no mesmo propósito e contribuindo significativamente com as investigações a fim de melhorar a capacidade do anel de armazenamento do UVX, o projeto ganhou novos parâmetros. Um sistemático diálogo com outros centros mundiais formados e especializados no uso da luz síncrotron foram estabelecidos, “a equipe técnica do CNPEM deu início a rodadas de consultas a pesquisadores e usuários e passou a realizar diversos *workshops* nacionais e internacionais visando definir os padrões e a estrutura técnica do novo anel do acelerador” (Rauen, 2017, p. 337).

Em 2010, os pesquisadores brasileiros participaram de muitos eventos internacionais, visando demonstrar os trabalhos que estavam desenvolvendo no CNPEM. Durante as conferências, alguns participantes fizeram confusão e associaram o nome do laboratório ao título do projeto, assim, para resolver esse desentendimento, sugeriram que o nome dele fosse

alterado no intuito de evitar qualquer confusão de associá-lo ao próprio LNLS (CNPEM, 2014; Rauen, 2017).

Após as sugestões, os pesquisadores retornaram para o Brasil decididos que alterariam o nome do projeto. Propuseram um concurso interno entre os funcionários a fim de que eles próprios escolhessem. Sobre esse acontecimento, o CNPEM (2014, p. 17) relata:

> Para não continuar a confusão entre o nome do laboratório – LNLS – e o da fonte de luz síncrotron, promoveu-se um concurso, aberto aos funcionários do campus do CNPEM, para a escolha de um nome oficial para a futura fonte brasileira. Dentre as diversas propostas recebidas, um comitê julgador interno escolheu o nome Sirius, em referência a uma estrela de grande brilho localizada na constelação de Canis Major. Podendo ser vista de qualquer ponto da Terra, Sirius é a estrela mais brilhante do céu noturno. Assim como a estrela, a fonte de luz síncrotron é a mais brilhante em construção.

O nome foi escolhido justamente para representar que o síncrotron brasileiro deveria se inspirar nas características do brilho da estrela mais notável da Constelação do Cão Maior. O objetivo do CNPEM era aumentar o grau de emitância da luz produzida no acelerador, o tornando uma potente máquina de 3ª geração. Para cumprir suas intenções, o laboratório estabeleceu um comitê científico internacional para acompanhar e avaliar todas as etapas do projeto — esse grupo ficou conhecido como *Machine Advisory Committee* (MAC)[27].

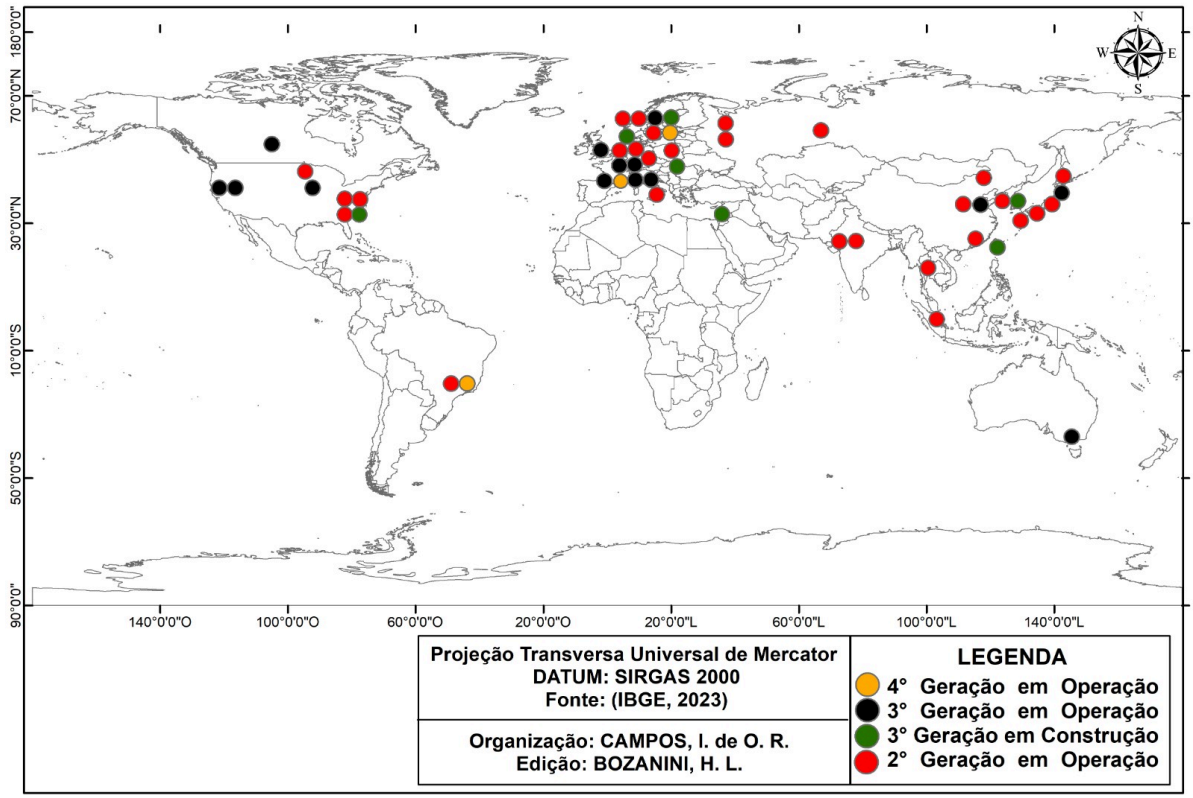
Devido ao MAC estimular com seriedade a profusão de estudos e debates a respeito do novo projeto em andamento no CNPEM, seus resultados ganharam visibilidade e chamou a atenção governamental. Desse modo, o governo federal incluiu o projeto Sirius nas estratégias nacionais para o desenvolvimento científico e tecnológico, destacando-o nas entrelinhas do Plano Plurianual (2012-2015) (Rauen, 2017; Brasil, 2012; MCTI, 2012).

O suporte governamental aumentou o volume do subsídio financeiro destinado ao projeto. Dada a maior disponibilidade de recursos, muitos componentes da nova máquina foram tecnicamente melhorados, proporcionando um inédito patamar tecnológico:

> Finalmente, em 2012, a primeira versão completa do projeto executivo do Sirius foi concluída pela equipe do MAC. Nessa versão, os representantes do comitê e a equipe do LNLS identificaram a possibilidade de reconfigurar a estrutura da rede magnética do projeto original, reduzindo sua emitância de 1,7 para 0,28 nm.rad. Com base nisso, originalmente classificado como anel de 3ª geração, o Sirius passou a se constituir em um dos mais modernos projetos de construção de um acelerador de partículas de 4ª geração do mundo (Rauen, 2017, p. 337).

[27] Segundo Rauen (2017) esse comitê era formado por um grupo de cientistas experientes, associados às mais importantes universidades e renomados institutos e centros de pesquisa do mundo.

Preliminarmente, o CNPEM preparou as diretrizes do projeto Sirius visando que ele se classificasse como um acelerador de 3ª geração. No decurso dos preparativos para sua execução, baseados nos resultados das pesquisas realizadas, os cientistas recomendaram que, se fossem efetuadas algumas adaptações nas estruturas magnéticas dos componentes, a qualidade do brilho aumentaria sobremaneira, além de tornar os feixes de luz mais estáveis e colimados[28]. Essas melhorias promoveram a proposta e o planejamento passou a trabalhar com a possibilidade de construí-lo como uma das seletas máquinas de 4ª geração (CNPEM, 2014; Rauen, 2017).



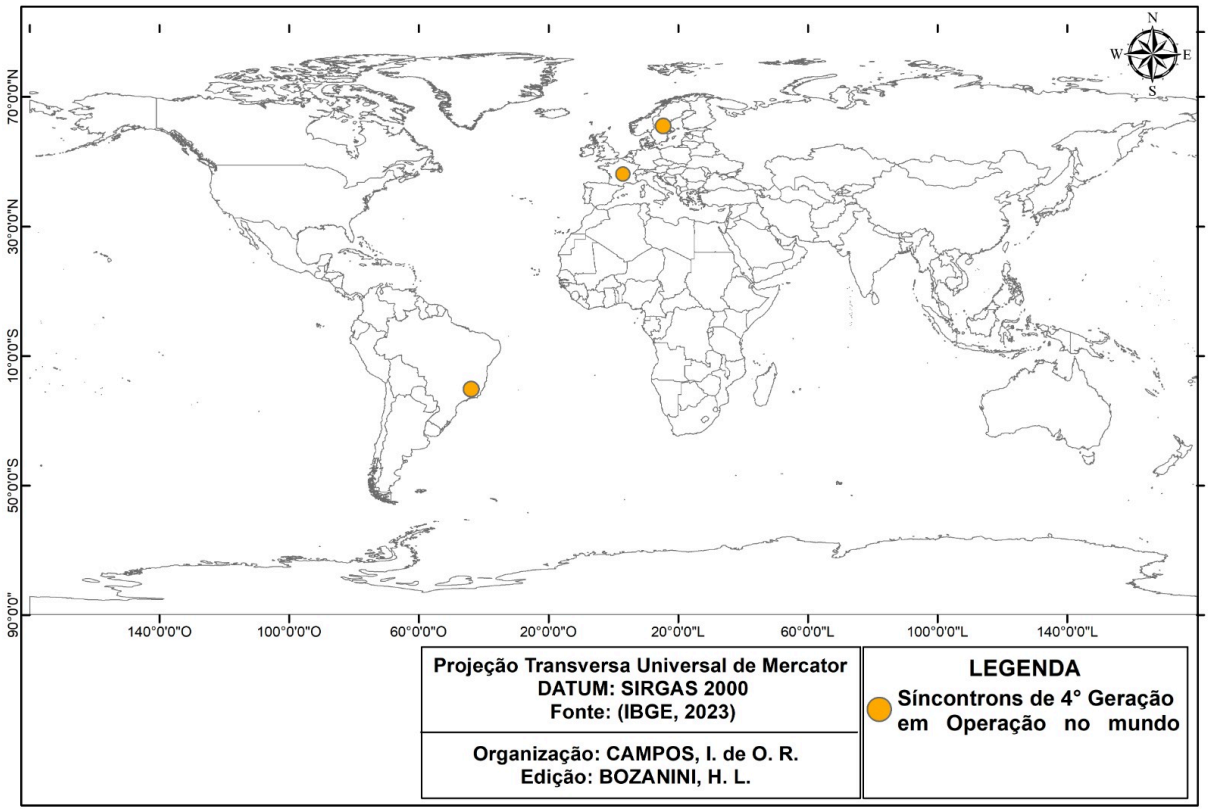
Mapa 5: Distribuição de aceleradores síncrotron pelo mundo em 2018
Fonte: adaptado de CNPEM (2014)

Segundo Rauen (2017) todas as recomendações foram acolhidas sobre a construção do novo síncrotron, principalmente referente aos quesitos técnicos da proposta. Ao acatarem as sugestões, os pesquisadores melhoraram, conjuntamente, as condições tecnológicas da máquina, a elevando para o patamar de 4ª geração[29]. O resultado trouxe ganho imensurável e

[28] A luz colimada corresponde a feixes de luz orientados a um ponto específico, sem que ocorra qualquer desvio no percurso. Sua trajetória é caracterizada pela precisão. Em termos gerais, a estabilidade dessa luz, produzida no acelerador, permite aos pesquisadores observarem regiões específicas das estruturas atômicas e moleculares.

[29] Os aceleradores síncrotrons são considerados, cientificamente, uma das infraestruturas de pesquisa experimental mais expressivas da atualidade. A emissão de seu brilho intenso, que atua no espectro eletromagnético, apresenta uma natureza multidisciplinar, capaz de solucionar desafios estratégicos que

reconhecimento para o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, pois naquele momento, o Sirius foi o primeiro acelerador desse porte em todo o Hemisfério Sul, havendo outro similar apenas na Suécia[30] conforme demonstra o **Mapa 6**.



Mapa 6: Distribuição de aceleradores síncrotron pelo mundo em 2023
Fonte: adaptado de CNPEM (2023)

A representação do **Mapa 6** demonstra, por intermédio da localização geográfica das máquinas síncrotron de 4º geração, a exclusividade científica que este tipo de equipamento possui no mundo. O mapa também oferece informações espaciais pertinentes em relação à alta tecnologia abrangendo aceleradores de partículas, pois destaca o Brasil como único detentor no Hemisfério Sul. Essa situação instaura pontos de atenção, sobretudo, dada a condição histórica brasileira em relação ao baixo grau de sofisticação e complexidade

demandam o suporte da ciência e alta tecnologia. Os desafios estão contidos em vários domínios, seja na produção de novos materiais, desenvolvimento de fármacos complexos, adubos e fertilizantes sustentáveis, bem como na investigação e propostas para novas fontes de energia renovável, entre outros (CNPEM, 2014; Rauen, 2017).

[30] Cabe salientar que, somente alguns anos depois, um grupo de cientistas associados ao CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) otimizaram e transformaram o Grande Colisor de Hádrons (LHC) em um acelerador inovador. Mais detalhes e informações disponíveis em: https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/maior-acelerador-de-particulas-do-mundo-passa-por-um-upgrade-o-que-vem-por-ai/#:~:text=Hoje%20h%C3%A1%20mais%20de%2030,engenheiros%20tiveram%20forma%C3%A7%C3%A3o%20no%20Cern. Acesso em: 26 set. 2023.

tecnológica que, com esse equipamento se desvincula, portanto, desta desfavorável posição no contexto do sul global (Coutinho, 1996; Sposito; Santos, 2012; Gala; Carvalho, 2019).

5.1 O PROJETO SIRIUS E SUA DEFINITIVA CONSTRUÇÃO

Para enriquecer os detalhes da pesquisa, realizaram-se trabalhos de campo para obter informações sobre os processos relacionados à organização do campus e a construção do acelerador de partículas Sirius. Em uma dessas oportunidades foi realizada uma entrevista com o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM), o Diretor Geral do CNPEM, para apurar informações sobre os assuntos acadêmicos, políticos, econômicos, sociais e geográficos que envolveram os novos projetos do campus, sobretudo, a iniciativa de torná-lo um ecossistema de pesquisa e desenvolvimento único no país (**Apêndice 1**)[31].

No mesmo dia da entrevista, um membro da equipe de comunicação do CNPEM realizou uma visita guiada pelos laboratórios presentes no campus, assim, nessa ocasião, foram visitados os seguintes locais: o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), o Laboratório Nacional de Biociências e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). A pessoa que conduziu essa visita mostrou as principais pesquisas e suas frentes de trabalho que utilizam diretamente ou indiretamente a luz síncrotron como ferramenta para o avançar das investigações.



Foto 14: Recepção do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR)
Fonte: Acervo próprio do autor (2022)

[31] O intuito dessa entrevista teve como objetivo aplicar um questionário previamente estruturado. Nele havia algumas perguntas abertas sobre assuntos específicos do CNPEM, visando que o diretor respondesse informações internas e detalhadas.



Foto 15: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)
Fonte: Acervo próprio do autor (2022)

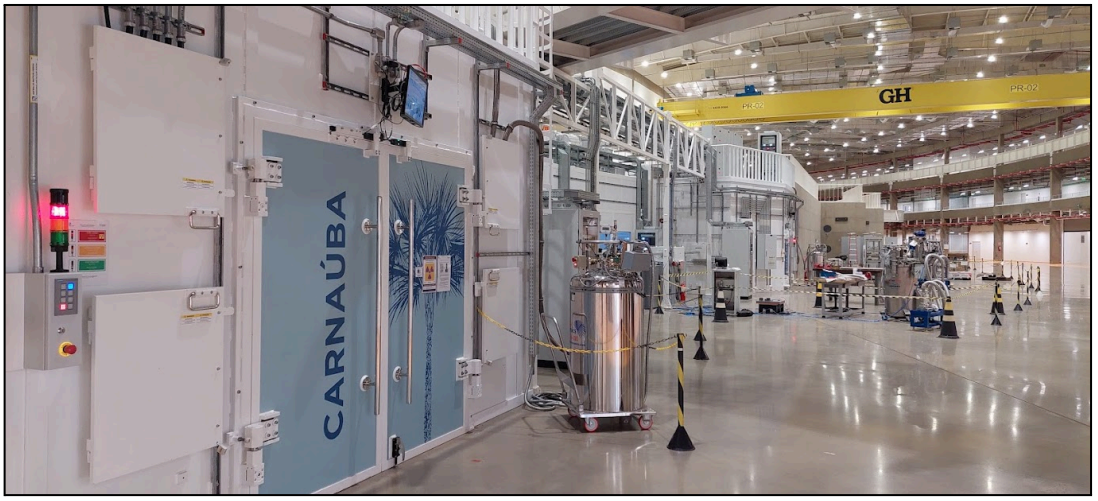


Foto 16: Estação Experimental Carnaúba (LNLS)
Fonte: Acervo próprio do autor (2022)



Foto 17: Paisagem e vista externa do campus do CNPEM
Fonte: Acervo próprio do autor (2022)



Foto 18: Placa indicando o CNPEM como um ecossistema.
Fonte: Acervo próprio do autor (2022)

As fotografias demonstram os laboratórios que estão presentes no campus do CNPEM, são nesses ambientes que os usuários desenvolvem ciência e tecnologia nas mais distintas áreas do conhecimento. Conforme José Roque (Diretor Geral do CNPEM), desde a transformação do campus em Organização Social (OS), todos os cientistas que trabalham no local são contratados no âmbito da legislação nacional, cumprindo, portanto, o que determina a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT).

Sobre a formação acadêmica dos pesquisadores contratados, o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM) relatou que eles possuem títulos de mestres e doutores. Pela proximidade geográfica, e participação histórica nas pesquisas envolvendo aceleradores de partículas do

tipo síncrotron[32], graduados na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), na Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) correspondem ao maior número de colaboradores. Entretanto, embora a origem dos pesquisadores estejam majoritariamente associadas a essas instituições de ensino superior, outros centros de referência e excelência acadêmica também estão representados.

Em relação aos resultados científicos e tecnológicos demonstrados pelo CNPEM, o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM) comentou sobre os dados presentes no Anuário 2021-2022, assegurando que os cientistas contratados do Centro publicaram 534 artigos e registraram 42 patentes. Além disso, os usuários que utilizaram os equipamentos dos laboratórios como ferramenta também publicaram 724 artigos. Outrossim, ainda nesse período, foram computadas 4.570 participações diretas de pesquisadores do Centro em eventos científicos virtuais e presenciais, resultando em parcerias com empresas, totalizando 44 projetos assinados[33].

Durante a entrevista, perguntou-se sobre as conexões que os laboratórios do campus criaram e fortaleceram com a indústria nacional. Como resposta, o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM) afirmou que, em 2015, uma série de chamadas públicas para selecionar empresas interessadas em participar do desenvolvimento da fonte de luz síncrotron brasileira, o Sirius, foi aberta. Os editais, conforme relatado pelo diretor, ficaram sob a responsabilidade da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Rauen (2017) detalhou aspectos relacionados à abertura de editais e chamadas públicas, destinados, sobretudo, às empresas brasileiras capazes de contribuir com suas tecnologias, inovações e serviços na construção do novo acelerador em cooperação com instituições governamentais. Quando se estabeleceu o Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC), por exemplo, reconhecido na Lei 12.462 de agosto de 2011 (Brasil, 2011), o Conselho Diretor pôde usufruir de maior autonomia para sistematizar e solicitar o lançamento de editais abertos. Essa lei viabilizou, portanto, a formação de acordos de cooperação com empresas nacionais, certamente fundamentais para a construção de toda a nova infraestrutura do LNLS, incluindo o notável acelerador de partículas Sirius.

Rauen (2017, p. 344) salienta, ainda, que com os assuntos jurídicos em ordem, o CNPEM iniciou um processo de seleção pública via avaliação de competição, como previsto

---

[32] Salas emprestadas pela Unicamp, conforme demonstrou Burgos (1999), foram os primeiros locais onde cientistas que planejavam construir um acelerador síncrotron se reuniram para realizar debates e experimentos.

[33] Essas informações fornecidas pelo Diretor Geral do CNPEM durante a entrevista constam disponíveis em: https://pages.CNPEM.br/anuario/. Acesso em: 25 out. 2023.

em seu regulamento interno, baseando-se em três etapas para a execução formal do projeto: “encomenda da obra civil; encomenda dos ímãs dos anéis aceleradores; contratação das diversas tecnologias que compõem os aceleradores e as linhas de luz”.

Em 2012, o orçamento do MCTI destinado ao MAC para a construção do Sirius correspondeu a 1,3 bilhões de reais (o mesmo que 585 milhões de dólares). Com esses recursos disponíveis, a equipe estabeleceu no cronograma que, em 2020, a infraestrutura estaria completamente finalizada. No intuito de adiantar algumas etapas de testes, os pesquisadores se dedicaram arduamente para que o primeiro feixe de luz emitido pelo acelerador entrasse em operação logo em junho de 2017 (CNPEM, 2014).

Para agilizar e cumprir o cronograma, os coordenadores do MAC e os pesquisadores do CNPEM dividiram o projeto em três momentos:

> i) a fonte de luz síncrotron (aceleradores), composta por um acelerador linear (Linac), um anel intermediário (Booster), linhas de transporte de elétrons e um anel principal de armazenamento; ii) as linhas de luz, incluindo suas respectivas estações experimentais, que englobam todo o conjunto de instrumentação científica para uso dos pesquisadores; e iii) obras civis (edificações e infraestruturas) (Rauen, 2017, p. 338).

Sobre os pormenores do planejamento e fases do projeto, a **Tabela 1** demonstra em quais setores os recursos foram empregados.

ITEM	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
Obras Civis	2,4	10,4	75,9	159,2	206,2	206,8	8,7	0,0	0,0	670
Estações Experimentais	4,5	1,2	8,1	26,0	21,3	51,9	68,0	34,4	4,5	220
Fonte de Luz Síncrotron	0,9	7,3	22,7	93,6	70,1	28,9	0,0	4,3	0,0	228
Gestão e Infraestrutura	4,1	6,3	13,2	14,9	6,1	10,3	13,2	14,1	11,9	94
Recursos Humanos	1,1	4,3	11,9	10,0	11,0	12,6	14,0	15,8	7,8	88
TOTAL	**13**	**29,5**	**131,8**	**303,7**	**314,7**	**310,5**	**103,9**	**68,6**	**24,2**	**1.300**

Tabela 1: Orçamento destinado à construção do Sirius (em R$ milhões)
Fonte: adaptado de CNPEM (2014)

Dentre todos os números, as informações indicam que na distribuição dos investimentos às obras civis receberam o maior destaque do orçamento, totalizando 670

milhões de reais. É possível correlacionar a expressividade dos números destinados às obras civis com a complexidade técnica envolvendo a engenharia dessa construção. O prédio que abrigaria o novo acelerador de partículas síncrotron de quarta geração deveria obter uma série de certificações, sobretudo, no tocante às especificidades e qualidade dos materiais que seriam utilizados na obra.

5.1.1 As primeiras atividades contratadas: serviços de terraplenagem, arquitetura e engenharia civil

Os relatórios elaborados pelos engenheiros envolvidos no projeto da construção do prédio apontaram que uma infraestrutura dessa magnitude precisava de um espaço maior para satisfazer todas as recomendações. Acionando esse argumento técnico, representantes do CNPEM se reuniram nos anos de 2012 e 2013 com membros do governo do estado de São Paulo a fim de solicitarem a concessão de uma área adjacente ao campus (CNPEM, 2014; RAUEN, 2017). Em 2013, o pedido foi aceito e o governo estadual entregou ao Centro um terreno de aproximadamente 150.000 m^2, também localizado no Polo II de Alta Tecnologia de Campinas **Foto 19** e **Figura 9**.



Foto 19: Informações sobre as etapas do projeto Sirius
Fonte: CNPEM (2014, p. 9)

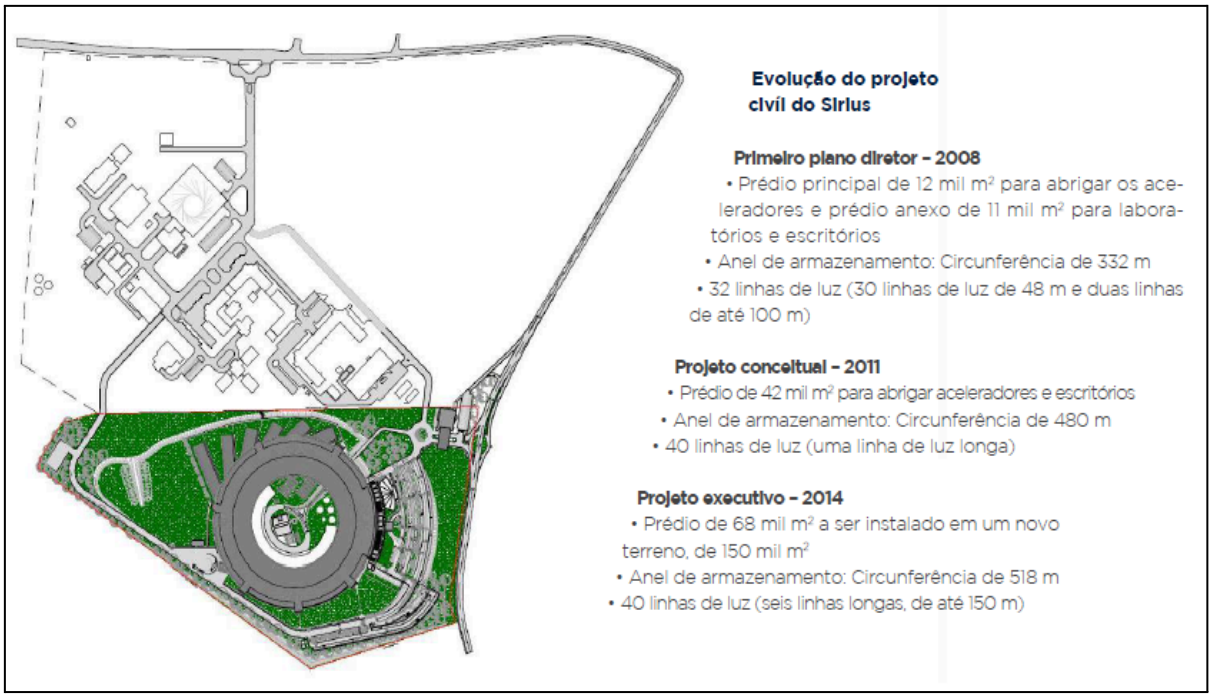


Figura 9: Informações sobre as etapas do projeto Sirius
Fonte: adaptado de CNPEM (2014, p. 63)

O projeto executivo da construção foi reorganizado visando transformar o novo acelerador síncrotron na maior e mais complexa infraestrutura científica e tecnológica já vista no Brasil. Seu arranjo espacial ficou definido para ocupar uma área de 68 mil m^2 — bem maior que o previsto nos esboços de 2008. O espaço abrigaria um conjunto de máquinas responsáveis pela aceleração dos elétrons, organizada em uma circunferência de 518 metros, com capacidade para abrigar até 40 estações experimentais (**Figura 10**).

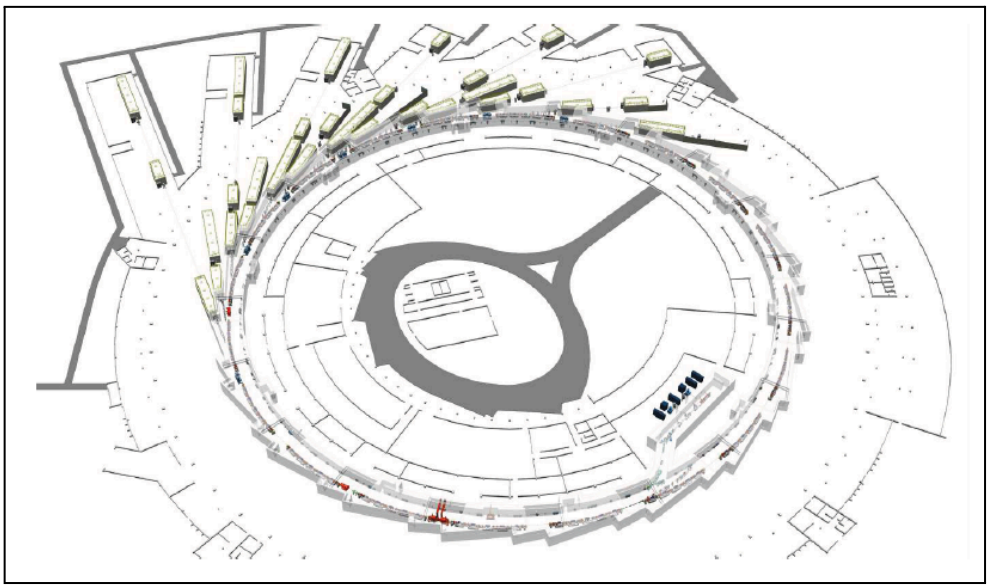


Figura 10: *Layout* interno do acelerador de partículas Sirius
Fonte: adaptado de CNPEM (2014, p. 29)

Em 2013, mesmo ano em que o terreno anexo ao Polo II de Alta Tecnologia de Campinas foi concedido para o CNPEM, começaram as primeiras atividades da contratação de serviços de terraplenagem, arquitetura e engenharia civil.

Para enfim preparar o terreno, os coordenadores do projeto encomendaram um minucioso mapeamento geofísico, visando que os engenheiros responsáveis pela obra compreendessem a resistência mecânica do solo e suas variações. Neste caso, o trabalho desempenhado pela geofísica foi fundamental, porque determinou quais materiais e características deveriam compor o piso do laboratório. Para embasar os estudos e seus resultados, foram utilizadas três técnicas:

> **1**) MASW (*Multichannel Analyses of Surface Waves*) para determinar os parâmetros técnicos do terreno até uma profundidade aproximada de 40 m; **2**) HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) para determinar as frequências características do local; **3**) Sísmica à refração: capaz de determinar, complementarmente, às duas técnicas anteriores, a provável composição litológica, grau de fraturas, geometria das primeiras camadas de subsolo e a profundidade do substrato rochoso (CNPEM, 2014, p. 64).

O conhecimento profundo das particularidades do solo justificou algumas decisões técnicas sobre como mitigar vibrações indesejadas no "piso crítico" e no revestimento do edifício. Ademais, também propiciou que alguns testes de alicerces e fundações fossem previamente realizados, corroborando os "cálculos referente ao grau máximo de deformação permitida nas estruturas" do laboratório (CNPEM, 2014, p. 65).

Essas informações específicas encaminharam, inclusive, o processo licitatório que selecionou empresas a fim de prestarem serviços durante a construção das estruturas do laboratório. A MHA Engenharia[34] e Engineering[35] foram as vencedoras para assumirem conjuntamente os serviços relacionados à engenharia e à execução do projeto executivo. Outras empresas parceiras também contribuíram para este projeto, dentre elas estão a Paulo Bruna Arquitetos Associados, Monobeton Soluções Tecnológicas, LSE – Laboratório de Sistemas Estruturais, IGR Consultoria de Solos, Fundações e Serviços Geotécnicos, Engeti Consultoria, Engenharia SS e HZ Engenharia (CNPEM, 2014).



Foto 20: Estacas-testes para determinação de parâmetros da interação estaca-solo. Vista da montagem com instrumentação para testes de carga horizontal
Fonte: CNPEM (2014, p. 68)

[34] Conforme informações disponíveis no site da empresa, a MHA Engenharia atua de maneira multidisciplinar: "nossas equipes projetam instalações nas áreas de hidráulica, elétrica, climatização, telecomunicações, cálculo estrutural/concreto/metálica, processos, utilidades e automação. Em campo, coordena engenharia, fiscaliza e gerencia obras, controla prazos e custos, identifica riscos e coordena suprimentos". Mais detalhes em: https://www.mha.com.br/. Acesso em: 20 nov. 2023.

[35] A Engineering, empresa de engenharia especializada em projetos e gerenciamento de empreendimentos, integrante do grupo Hill International Company, foi a responsável pelo projeto executivo do prédio onde será instalado o acelerador de elétrons. Informações disponíveis em: https://CNPEM.br/engineering-elaborou-projeto-para-o-laboratorio-do-sirius/. Acesso em: 20 nov. 2023.



Foto 21: Instalação de sensores de nível micrométricos para investigação de deformações em piso-protótipo
Fonte: CNPEM (2014, p. 68)



Foto 22: Área de implantação do edifício do Sirius após conclusão da terraplanagem do terreno
Fonte: adaptado de CNPEM (2014, p. 69)

O projeto do acelerador de partículas Sirius e dos laboratórios em anexo foi um desafio complexo e inovador, que exigiu o envolvimento e a supervisão de diversos profissionais. Os conselheiros e diretores do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e

Materiais (CNPEM) coordenaram todas as etapas do processo, contando com o apoio da empresa Engineering e da MHA Engenharia, ambas especializadas em serviços de consultoria em engenharia. “As atribuições da Engineering estavam relacionadas à coleta de informações prévias para identificar demandas técnicas, com vistas à definição do objeto da subsequente contratação” (Rauen, 2017, p. 344).

Após todas as atividades realizadas em cada etapa do projeto serem elucidadas, o CNPEM instaurou alguns editais para que empresas interessadas em submeter propostas passassem pelo processo de pré-seleção.

> Conforme informações [...] nessa etapa de pré-seleção, a comissão julgadora composta para esse processo analisou as propostas de dezesseis construtoras, das quais restaram cinco participantes, na sequência, três concorrentes, até que, ao final, conciliando aspectos como melhores técnica e custo em relação aos demais, a empresa de capital nacional, Racional Engenharia, foi selecionada (Rauen, 2017, p. 345).

A empresa aprovada pelos critérios de seleção teria alguns desafios tecnológicos, visando construir fidedignamente uma edificação com todos os princípios estabelecidos pelos engenheiros e técnicos do projeto. Rauen (2017) destacou que dentre as situações desafiadoras estavam:

- A estabilidade mecânica (a variação do piso capaz de inibir contração ou dilatação);
- A estabilidade térmica (a temperatura interna controlada e constante);
- Construir uma estrutura capaz de bloquear a radiação emitida pelos aceleradores.

A demonstração desses desafios possibilita que se identifique uma das principais preocupações dos coordenadores do projeto. A engenharia do prédio foi o centro das atenções de toda a equipe envolvida, sobretudo, possíveis iniciativas que inibissem qualquer desempenho mecânico instável. O projeto elaborou uma proposta visando construir um equipamento capaz de movimentar elétrons à velocidade da luz, para isso, foram realizados investimentos materiais sofisticados e caros (CNPEM, 2014; Rauen, 2017).

Atualmente, todas as características relacionadas à engenharia dos alicerces e fundamentos civis da obra estão disponíveis em uma grande maquete exposta no saguão da recepção do LNLS. Nela é possível observar os procedimentos realizados pela equipe

envolvida na construção em cada etapa, além permitir que o visitante compreenda a distribuição de cada componente da máquina **(Foto 23**).



Foto 23: Maquete de construção do acelerador de partículas Sirius
Fonte: acervo próprio do autor (2022)

Segundo Flório (2013), CNPEM (2014) e Rauen (2017) o acelerador de partículas Sirius foi arquitetado para ocupar uma área com 518 de diâmetro, atribuindo-lhe a necessidade de contar com mais de 1.000 eletroímãs distribuídos em sua circunferência. Ademais, além dos eletroímãs espalhados pela extensão da máquina, o projeto previu que fossem produzidos uma combinação magnética de ímãs dipolos, quadrupolos e sextupolos.

Com base em critérios de exceção referente ao processo de seleção de fornecedores, previstos no regulamento de compras estipulado na estrutura de uma Organização Social

(OS), o CNPEM contratou os serviços da WEG. Ambos — contratante e contratado — atuaram em cooperação, compartilhando laudos técnicos e relatórios de execução contendo diretrizes tecnológicas a serem seguidas. Embora a WEG tenha ficado estritamente encarregada para executar o projeto da rede magnética, também pode sugerir livremente modificações a fim de aprimorá-las conforme sua *expertise* adquirida ao longo dos anos.

Segundo informações apuradas por Rauen (2017), o valor das transações estabelecidas entre a WEG e o CNPEM para a fabricação dos eletroímãs chegou ao patamar de R$45 milhões. Contudo, o autor ressalta que, mesmo sendo a selecionada para prestar serviços complexos relacionados aos componentes do novo acelerador síncrotron, a relação entre as partes não adotou uma hierarquia vertical, mas sim uma conexão norteada por vínculos horizontais e colaborativos em prol de metas comuns. "Diante disso, para eles, a WEG pode ser considerada mais uma parceira do CNPEM do que simples fornecedora, especialmente devido ao fato de que o aprendizado tecnológico adquirido ao longo de todo esse processo foi extremamente valioso para a empresa" (Rauen, 2017, p. 351).

A construção da maior e mais complexa infraestrutura científica brasileira, organizada pelos diretores do CNPEM com respaldo e supervisão do MCTI, foi um marco histórico para o desenvolvimento tecnológico do país. Ao incentivar e fortalecer os vínculos com empresas nacionais, ambos os órgãos demonstraram como uma colaboração íntegra entre instituições públicas e privadas conseguem propiciar, internamente, uma expressiva transferência de conhecimento e inovação.

Uma das realizações mais impressionantes relacionadas à construção das novas instalações do LNLS e do novo acelerador de partículas síncrotron, o Sirius, residiu no fato de que os diretores do CNPEM buscaram concluir essa obra com o maior percentual possível da participação das empresas nacionais[36]. Essa iniciativa possibilitou que empresas brasileiras aprimorassem enormemente sua capacidade técnica e tecnológica, alcançando excelentes níveis de especialização e conhecimento, tornando-as mais competitivas no mercado do continente americano e ultrapassando, inclusive, fronteiras regionais atingindo uma projeção global.

Assim, analisando-se os dois exemplos mais significativos de empresas escolhidas pelo CNPEM para participarem da construção do novo LNLS e o novo acelerador Sirius

[36] O Prof. Dr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM), atual diretor geral do CNPEM, revelou na entrevista (Apêndice 1) que o projeto do novo laboratório do LNLS e do Sirius teve como objetivo científico e tecnológico envolver participação totalmente nacional. Por essa razão, as empresas que colaboraram na construção da maior e mais complexa infraestrutura científica brasileira garantiram transferência de tecnologia, pois muitas delas não tinham as competências necessárias para executar as tarefas que lhes foram atribuídas, e só as cumpriram graças à simbiose e cooperação estabelecidas com os cientistas do próprio CNPEM.

(CNPEM, 2014; Rauen, 2017), pode-se destacar que essa obra da ciência brasileira impulsionou:

- **Desenvolvimento conjunto**: a colaboração permitiu que as partes trabalhassem juntas no desenvolvimento de tecnologias. Isso não apenas acelera o processo de inovação, mas também garante que as soluções desenvolvidas sejam práticas e aplicáveis;

- **Aprendizado mútuo**: a Racional Engenharia e a WEG, sendo empresas privadas, ganharam um valioso conhecimento tecnológico mediante a parceria estabelecida com o CNPEM, um centro de pesquisa público de referência internacional. Isso mostra que a transferência de tecnologia não se comporta de maneira unidirecional, mas sim em um processo de aprendizado mútuo;

- **Benefícios a longo prazo**: as parcerias não resultaram somente avanços tecnológicos imediatos, mas também em benefícios a longo prazo, tanto para a Racional Engenharia como para a WEG em forma de conhecimento e experiência adquiridos;

- **Impacto social e econômico**: a transferência de tecnologia entre os setores público e privado também pode ter um impacto significativo na sociedade. Além disso, essa cooperação fomenta a inovação de novos produtos e serviços, bem como o estímulo de novos empregos e desenvolvimento social e econômico.

A colaboração entre os setores público e privado, ilustradas nos casos relacionados à construção do acelerador de partículas Sirius, exemplifica de maneira cabal que incentivar a transferência de tecnologia é totalmente possível. Essas parcerias não são apenas uma troca de serviços por recursos financeiros, mas uma simbiose que permite grandes avanços tecnológicos por intermédio da combinação de conhecimentos e habilidades que se complementam.

A transferência de tecnologia por intermédio dessas parcerias não beneficia somente as instituições públicas ou privadas envolvidas, mas também traz a reboque benefícios que impactam a sociedade. As inovações e tecnologias derivadas de tais interações, conduzem a criação de novos produtos e serviços que melhoram a vida das pessoas, promovem empregos e estimulam o desenvolvimento econômico e social. Outrossim, essas inovações contribuem

no arcabouço da resolução de problemas globais e novidades estratégicas nas áreas da saúde e preservação da vida, agricultura e alimentos, energia sustentável e meio ambiente.

Portanto, é possível destacar que os incentivos governamentais em política científica e tecnológica, visando estimular a interação e cooperação entre as instituições públicas e privadas, implica em imediata transferência de tecnologia. As iniciativas retratadas no diálogo estabelecido pelo CNPEM com empresas nacionais indicam que, esse modelo de transferência de tecnologia que valoriza o nacional em detrimento do estrangeiro, se aplicado e replicado, possui capacidade de impactar profundamente o progresso tecnológico que promoverá à sociedade brasileira o bem-estar social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, o município de Campinas vem sendo o principal destino dos investimentos industriais no estado de São Paulo, sobretudo, no campo da inovação e do desenvolvimento científico e tecnológico (Lencioni, 2015). Parcela considerável de capital está sendo designada à Região Metropolitana de Campinas (RMC) muito em consideração à construção do acelerador de partículas Sirius (presente no CNPEM) — que sozinho já atraiu o acúmulo de mais de R$2 bilhões em investimentos presentes nesta região paulista.

Atualmente, quando se observa nacionalmente os índices de investimentos e desenvolvimento regional no âmbito científico-tecnológico e de inovação, os estados federativos que compõem os ditos pontos luminosos da região concentrada brasileira se destacam de maneira considerável. Entretanto, há a configuração de novos mecanismos estratégicos do Estado que visam reduzir as disparidades técnicas e tecnológicas entre as regiões. Conforme indica o IPEA (2017) existem planos políticos que visam mitigar os desequilíbrios nacionais na rede de apoio financeiro, reorganizando os subsídios para a pesquisa e produtividade que envolve complexidade e sofisticação inovativa.

O PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), por exemplo, se configura em um programa federal que prevê acelerar o crescimento econômico do país, buscando, consequentemente, aumentar os índices de emprego e melhorar a qualidade de vida da população. O PAC foi organizado e ativado no ano de 2007, sendo coordenado pelo governo federal, em parceria com o setor privado, no entanto, admite a participação de estados e municípios na construção e execução de propostas cujo os objetivos se desdobram em soluções econômicas, sociais, tecnológicas e em inovações.

É possível indicar que, além de outros momentos marcantes referente a busca nacional por crescimento e desenvolvimento econômico e social, tais como a Lei de Inovação (**Lei Nº 10.973/2004**), a Lei do Bem (**Lei Nº 11.196/2005** — que promove incentivos fiscais à empresas que convertem lucros em investimentos em P&D no território brasileiro), a criação do PAC, propondo uma interação agrupada dos agentes sociais, denota uma estratégia coordenada para mobilizar o crescimento no país em diversos âmbitos como, por exemplo, em infraestruturas associadas às em telecomunicações e redes de transporte aéreo, rodoviário entre outros.

Os investimentos designados para melhorar as condições infraestruturais do território brasileiro deve ser considerada uma estratégia fundamental, uma vez que a densidade e qualidade dessas infraestruturas comumente será a responsável por atrair o capital, que busca

encontrar fatores locacionais satisfatórios e modernizados, vinculados, principalmente, a disponibilidade técnica de agilizar os fluxos materiais e/ou imateriais (Kalemkarian, 1994; Mendes, 2010). Como demonstrado neste trabalho, a Região Metropolitana de Campinas (RMC) logra de diversas variáveis locacionais que, com o fenômeno progressivo das "deseconomias de aglomeração" (Lencioni, 2015) na cidade de São Paulo e seu entorno, os investimentos industriais se direcionam para regiões do interior, sobretudo, as que possuem satisfatórios índices de sistemas de engenharia territorial.

Portanto, se deve considerar a presença de infraestruturas territoriais adequadas como um fator condicionante para atrair investimentos industriais, mormente de empresas associadas à alta tecnologia. A disponibilidade de redes de transporte eficientes, energia estável e de qualidade, bem como acesso a tecnologias de comunicação avançadas, são fatores cruciais na decisão das empresas em se instalarem em determinada região. Além disso, a proximidade de centros de pesquisa e universidades renomadas favorece a inovação e a troca de conhecimento, tornando o ambiente propício para o desenvolvimento de tecnologias de ponta.

Neste aspecto, quando se observa a participação estatal nas políticas de crescimento e desenvolvimento econômico que, dado o empenho, se desdobram para núcleos de inovações científicas e tecnológicas. Desse modo, torna-se evidente o papel do governo em motivar as interações nas hélices que darão, por conseguinte, a propulsão necessária aos habitats inovadores que, integrados e funcionais, serão transformados em complexas redes inovativas — os reconhecidos Ecossistemas de Inovação (Etzkowitz, 2009; Teixeira; Trzeciak; Varvakis, 2017).

Segundo Etzkowitz (2009), a interação da Tríplice Hélice de Inovação estará em equilíbrio quando houver compromisso, participação coordenada e transparente entre os elementos que a compõem: a tríade universidade-indústria-governo. Desse modo, argumentando a relevância da união das três hélices para mover a criação de *Habitats* da Inovação, o autor indica que esses elementos devem operar dinamicamente, partindo da seguinte premissa:

> Por que uma Hélice Tríplice; por que não uma Hélice Dupla entre universidade e indústria? A resposta é que só é possível desenvolver relações do tipo universidade-indústria até um certo ponto, sem considerar o papel do governo [...]. A configuração ideal da Hélice Tríplice é aquela em que as três esferas interagem e cada uma assume o papel das outras, sendo que as iniciativas surgem lateralmente bem como de baixo para cima e de cima para baixo. A sociedade civil é a base da hélice e da relação entre a política

> científica e a democracia. Embora uma Hélice Tríplice possa existir em condições autoritárias, uma Hélice Tríplice ocorre em uma sociedade democrática onde as iniciativas possam ser livremente formuladas (Etzkowitz, 2009, p. 104).

Observa-se que, em nenhum momento a concepção do autor em designar a inovação como um movimento interativo em forma de hélices institui um agente único como responsável. Esse modelo inclui, justamente, a necessidade de formar ações coordenadas de maneira colaborativa e transparente lateralmente, ou seja, pautado em relações uniformes e horizontais. Evidentemente, haverá momentos em que essas interações precisarão de uma organização vertical, sobretudo, em relação ao comportamento do Estado, haja vista que seu dever primordial está em atender as demandas da população mediante a ordem constitucional, por isso, em determinados momentos, às decisões serão tomadas estrategicamente e de maneira confidencial.

Apesar desta exceção vertical, o desenvolvimento das interações devem incentivar a mobilização integrada em que "cada uma assume o papel das outras" (Etzkowitz, 2009, p. 104), sem imposições unilaterais. Reitera-se, também, o valor social dessa interação tríplice, uma vez que a sociedade é definida como a base de tais relações. A unidade universidade-indústria-governo deve manter como premissa, acima de tudo, transferir para a sociedade os resultados provenientes de suas reciprocidades.

As inovações promovidas a partir dos movimentos sincronizados das hélices carecem de serem instauradas no cotidiano nacional, para então demonstrar à base social sua efetividade. Afinal, de que serve as inovações sem que haja aplicabilidade no cerne da vida cotidiana das pessoas? Por esse motivo, o Etzkowitz (2009) salientou a necessidade de inserir a sociedade civil como pauta de sustentação no fidedigno funcionamento das hélices, uma vez que será ela a responsável por organizar essa dinâmica de maneira orgânica.

Cabe sublinhar que, Etzkowitz (2009) e Etzkowitz e Zhou (2017) não se aprofundaram no elemento sociedade como uma das pás das hélices de inovação nos seus trabalhos. Contudo, há indicativos teóricos em seus argumentos que apresentam a ideia de que as respostas para as demandas da sociedade estão intrinsecamente vinculadas ao êxito das atividades, provenientes da cooperação entre universidade-indústria-governo.

É de conhecimento universal que a sociedade civil organizada politicamente e sociologicamente está subordinada e tutelada pelo Estado. Quando o assunto se desvincula da ciência política e impele uma pauta de ordem econômica, é possível compreender as intencionalidades governamentais. Evidentemente, os governos são transitórios, porém, para

atender suas concepções e ideologia econômica, eles podem adotar diferentes modelos a fim de incentivar o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, baseados no: Estatista, *Laissez-Faire* e de Tríplice Hélice.

Ao que tange o Brasil, o país passou por fases específicas desses modelos. Com base em dados históricos, é possível notar que houve momentos em que o estatismo imperou, vinculado, sobretudo, à intervenção governamental mediante a institucionalização científica de fomento, financiamento e amparo com órgãos federais como o CNPq (Burgos, 1999).

Na década de 1980, de maneira progressiva, a base política brasileira adotou medidas econômicas ortodoxas, dada à condição nacional relacionada à estagnação e descontrole nas taxas de inflação. Essa conduta induziu o Estado a guinar-se ao modelo *laissez-faire*, em 1990, considerando que a redução drástica da intervenção estatal poderia aliviar os índices de recessão e estimular novamente as taxas de crescimento da economia do país.

Concomitante às instabilidades econômicas e políticas da década de 1980 e 1990, cientistas e professores das universidades brasileiras — sobretudo UNICAMP e USP — idealizaram a organização e construção do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Esse laboratório foi o responsável por fortalecer os indicativos do desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro nos anos posteriores, devido suas pesquisas interdisciplinares e transversais com o uso de técnicas atômicas e nucleares (Velho; Pessoa Jr., 1998; Burgos, 1999; CNPEM 2014). Todo o empenho produziu efeitos positivos quando, em 1996, o acelerador de partículas UVX entrou em operação, atraindo a comunidade científica nacional e internacional.

Vale destacar que, a inauguração e operação do UVX foi considerada por Rauen (2017) e Petroff (2017) como o embrião daquilo que se tornaria a maior infraestrutura científica construída no Brasil: o acelerador de partículas Sirius. A máquina Sirius possui uma complexidade ímpar, sendo o único com a sofisticação tecnológica de 4ª geração em todo o Hemisfério Sul.

Ademais, todo o processo inicial e final da efetiva construção dos equipamentos do laboratório não foi linear e simples. A tentativa de retomar os índices amparados pela institucionalização científica de governos anteriores, passou por momentos de morosidade e necessidade de coalizão política, principalmente na década de 1990 (Burgos, 1999). Contudo, no período de 2003 a 2010, uma interação "lateral-horizontal" foi estabelecida entre os principais agentes da inovação, uma vez que a política governamental adotou medidas vinculadas ao modelo da Tríplice Hélice.

No período de 2003 a 2010, a economia brasileira cresceu admiravelmente havendo o fortalecimento das reservas cambiais devido os elevados índices de exportação de *commodities*. Outrossim, neste momento estabeleceu-se o diálogo governamental com segmentos produtivos (Bresser-Pereira, 2013). A Lei do Bem e a Lei de Inovações possibilitaram uma aliança positiva entre as aspirações governamentais e as empresariais, bem como um alinhamento profícuo com universidades e centros de pesquisa.

Durante esse período, aproveitando-se da virtude e estabilidade política e econômica do país, os conselheiros do LNLS propuseram uma reforma dos laboratórios e das infraestruturas do local visando sofisticar as instalações e otimizar seus equipamentos. Rauen (2017) assevera que o Conselho Diretor, partindo de boas relações com o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) conseguiu, em 2008, negociar a liberação para elaborar um relatório indicando quais investimentos deveriam ser realizados (Rauen, 2017).

A competência, a qualificação profissional e o comprometimento dos colaboradores do CNPEM surtiram resultados positivos. O destaque não esteve presente somente na conjuntura acadêmica nacional, mas também no cenário internacional devido a qualidade das pesquisas e da profundidade científica dos trabalhos desenvolvidos em seus laboratórios (Petroff, 2017; Rauen, 2017). As publicações de pesquisadores do Centro indexadas em revistas de alto impacto, evidenciaram, inclusive, desfechos promissores e descobertas inovadoras em diversas áreas do conhecimento (CNPEM, 2020).

O reconhecimento nacional e a projeção internacional do CNPEM conduziu o governo federal a indexar no Plano Plurianual (2012-2015) investimentos e subsídios para a sofisticação científica e tecnológica do Centro[37]. A partir disso, todos os projetos dos laboratórios estariam sob a supervisão do MCTI. Na organização do Plano Plurianual posterior (2016-2019), o governo tornou prioridade a concessão de recursos públicos para construir o acelerador de partículas Sirius. Nesse momento, o estado brasileiro injetou mediante recursos do PAC o valor de R$ 1.468.420.000 bilhões[38].

Segundo Relatório de Fiscalização elaborado pelo Tribunal de Contas da União[39], em 2017, o subsídio foi repassado justamente porque há, primordialmente, duas implicações

[37] Informações em detalhes disponíveis em: https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/32. Acesso em: 18 abr. 2024.

[38] Informações em detalhes disponíveis em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acesso-a-informacao/contratos-de-gestao-organizacoes-sociais/institucionais-1/acordao_2306-2017_tcu_plenario.pdf. Acesso em: 18 abr. 2024.

[39] Detalhes estão disponíveis em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acesso-a-informacao/contratos-de-gestao-organizacoes-sociais/institucionais-1/acordao_2306-2017_tcu_plenario.pdf. Acesso em: 18 abr. 2024.

relevantes: uma importância de ordem socioeconômica e de ordem produtiva para a ciência e indústria.

O mesmo relatório citado acima previa que, uma estação experimental do novo acelerador de partículas do LNLS, o Sirius, entraria em operação em 2018. Todavia, o anúncio de contingenciamento de subsídios públicos em C&T e P&D sancionado pelo então presidente Jair Bolsonaro, afetou a conclusão e montagem das linhas de luz. Conforme esclarecimentos do CNPEM[40], pesquisas foram frustradas e os avanços na preparação dos equipamentos do Centro enfrentaram atrasos, sendo que a continuidade de alguns processos foram até suspensas e sem previsão de retorno.

Quando se analisa os períodos históricos relacionados aos investimentos em inovação no Brasil, observa-se um revezamento entre ações do governo (representando o Estado) e as empresas (representando o mercado). Burgos (1999) contextualizou a institucionalização da ciência brasileira e, mediante sua trajetória analítica, torna-se possível perceber que o deslocamento entre o modelo de Tríplice Hélice e *Laissez-Faire* na execução das estratégias nacionais de C&T e P&D depende da ideologia política dos membros do governo.

Dados recentes do MCTI[41] revelam um panorama orçamentário da ciência, tecnologia e inovação no Brasil em preocupante declínio. Com base no ano de 2020, o Ministério indicou uma baixa percentual de 8,2% nos investimentos diretos em P&D. Os números comparativos são em referência ao biênio 2019-2020 que, em valores reais, atingiram uma diferença de R$95,3 bilhões para R$87,1 bilhões. Cabe sublinhar que, esses números englobam informações sobre os investimentos públicos e empresariais (privados), contudo, quando se desmembra a participação de cada um, o segmento privado destinou R$9 bilhões de reais a menos no ano de 2020 se comparado com o ano anterior.

Consequentemente, os índices relacionados ao campo acadêmico operam em paralelo a estes esfacelamentos dos investimentos em P&D. Dessa maneira, o MCTI[42] indicou que o número de doutores regrediu em 2021, chegando no mesmo patamar de 2016, período em que

---

[40] A matéria do CNPEM abre diálogo sobre a importância dos recursos públicos e a participação das instituições privadas para o avanço do desenvolvimento científico nacional, obviamente, sem deixar de lado a relevância das universidades e centros de pesquisa. Informações disponíveis em: https://CNPEM.br/corte-de-verba-na-ciencia-asfixia-ate-o-sirius-programa-mais-inovador-em-que-o-brasil-ja-investiu/. Acesso em: 18 maio. 2024.

[41] Informações disponíveis em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/05/mcti-elabora-retrato-mais-recente-da-ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil. Acesso em: 18 maio. 2024.

[42] O número de doutores regressou ao patamar de anos anteriores devido à escassez de bolsas de estudos, bem como à falta de perspectiva no âmbito acadêmico. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/05/mcti-elabora-retrato-mais-recente-da-ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil. Acesso em: 18 maio. 2024.

o país mergulhou em uma crise política e instabilidades econômicas. Infelizmente, esse panorama expressa um grau de atraso que vai na contramão do mundo, sobretudo, quando se realiza um comparativo com países como a China e Estados Unidos.

Não se deve olvidar que, no ano de 2020, o mundo inteiro sofreu consequências impactantes da pandemia da COVID-19. A saúde global esteve à beira do colapso, a mobilidade populacional foi reduzida pelo *lockdown* e a economia sofreu com perturbações que ainda perduram. Entretanto, mesmo com todos esses incidentes, o Brasil esteve aquém dos índices mundiais nos investimentos em segmentos inovativos e a pandemia não deve ser uma desculpa. Nessa circunstância, políticas nacionais poderiam surgir a fim de subsidiar pesquisas de qualidade visando reduzir danos causados pelo vírus como, por exemplo, a produção de vacinas, porém tal iniciativa não aconteceu.

A redução dos investimentos governamentais em C&T, bem como a ínfima iniciativa de cooperação com instituições privadas e universidades, sufocam os *Habitats* de Inovação. Ações displicentes ou indiferentes podem inibir a possibilidade de seu crescimento e desenvolvimento. Por sua competência e qualidade, o CNPEM apropriou-se do conhecimento adquirido por sua equipe ao longo dos anos [43] e seus laboratórios permaneceram resilientes, mesmo com recursos financeiros insuficientes antes e durante a pandemia.

Todavia, com o sucesso das campanhas de vacinação, houve uma retomada econômica global, mesmo que de maneira instável e gradual. A partir desta conjuntura, progressivamente, o governo brasileiro, representado pela equipe do presidente Luiz Inácio Lula da Silva decidiu, em 2023, resgatar o ímpeto dos investimentos realizados em programas nacionais de desenvolvimento econômico e social baseados em políticas de C&T — reformulando e acionando novas iniciativas do PAC.

Foi nesse contexto de pós-pandemia que cientistas do CNPEM, em diálogo com o MCTI e empresas parceiras, organizaram o "Projeto Órion". Esse projeto visa construir um futuro complexo laboratorial especializado na investigação de agentes patogênicos (vírus, bactérias, fungos), bem como seus efeitos para a saúde humana (CNPEM, 2024). A sua execução está sob a responsabilidade do CNPEM e, assim como o Sirius, terá a supervisão do MCTI. O complexo laboratorial pretendido integra o Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e possui um financiamento que provém do Fundo Nacional de

[43] Segundo o Sr. José Roque (Diretor Geral do CNPEM) em informações concedidas em entrevista, por muitos momentos, os primeiros pesquisadores do CNPEM aprenderam fazendo, uma vez que os recursos disponíveis não davam conta de abastecer as necessidades reais para finalizar os equipamentos por completo (**Apêndice I**).

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) — cujo orçamento destinado para o início das obras extrapolam os R$ 200 milhões (Brasil, 2023).

O "Projeto Órion" abrange as políticas públicas da Nova Indústria Brasil (NIB), uma política industrial governamental que visa incentivar a independência, competência e segurança nacional nos campos científico e tecnológico. O projeto envolve diversas áreas, incluindo pesquisa científica, defesa, e saúde humana, animal e ambiental. Uma das metas principais do Órion é fortalecer o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), uma iniciativa coordenada pelo MS. O CEIS tem como objetivo atender às demandas prioritárias do Sistema Único de Saúde (SUS), integrando o desenvolvimento tecnológico às necessidades de saúde pública.

No sentido acadêmico, esse *habitat* precisa ser melhor investigado pela Geografia Econômica e Industrial, sobretudo, no tocante às suas potencialidades científicas, tecnológicas e de inovação. Dessa maneira, o "Projeto Órion" abre diversas frentes de investigação, sobretudo em relação à capacidade de projeção econômica e interações espaciais que possivelmente ele produzirá, uma vez que envolverá uma série de segmentos voltados à alta tecnologia e inovação na escala internacional.

Ainda sobre a qualidade do Centro e sua relevância mundial, segundo um comparativo entre o Relatório de 2022 (CNPEM, 2022) e o Relatório de 2023 (CNPEM, 2023), o documento demonstra que houve um crescimento significativo no número de beneficiários e propostas de trabalhos submetidas. As informações dos relatórios indicam que em 2022 foram 1171 beneficiários e 612 propostas, em contrapartida, em 2023 foram 1697 beneficiários e 852 propostas. Tudo isso, se deve a nova abertura de linhas de luz que acaba oferecendo mais versatilidade aos pesquisadores, como foi o caso da recém-inaugurada linha Mogno[44].

É possível notar, mediante tais informações, uma integração regional de pesquisadores que transferem mutuamente novidades científicas e inovadoras. Essas relações orgânicas estabelecidas podem formar uma densa rede de conexão e troca de conhecimento sistemático. Ora, essa condição pode interferir diretamente na vitalidade de um *Habitat* de Inovação, pois o abastece de interações que, com o passar dos anos, vai incrementando nele variáveis capazes de consolidar, enfim, um Ecossistema de Inovação.

Na concepção biológica e orgânica, os *habitats* de um ecossistema é composto por seres vivos alocados em um determinado território. Todavia, quando o conceito se estende

[44] Mais detalhes e informações disponíveis em: https://lnls.cnpem.br/facilities/mogno/#:~:text=A%20partir%20do%20primeiro%20semestre,ou%20em%20ambiente%20l%C3%ADquido%20est%C3%A1vel. Acesso em: 24 de maio. 2024.

para a inovação em movimento, os ecossistemas se formam baseados em localizações que disponibilizam atributos vitais como: infraestruturas territoriais (rodovias, aeroportos, telecomunicações, etc.), universidades, institutos de pesquisa, centro de inovação, parques tecnológicos, incubadoras aceleradoras, *startups*, empresas de tecnologia, serviços financeiros, serviços jurídicos, dentre outros.

Neste ínterim, o município de Campinas, com o passar dos anos, maturou e consolidou seus *Habitats* de Inovação, não como uma obra geográfica do acaso, mas com ampla participação governamental (seja na esfera municipal, estadual ou federal), social, empresarial e, sobretudo, com envolvimento ativo de membros da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), presente no município desde 1966. Essa interação promoveu a vitalidade de instituições relacionadas à alta tecnologia implementadas no local, bem como a atração de outras que chegaram para somar, possibilitando atribuir Campinas como um Ecossistema de Inovação.

O CNPEM com sua importância científica, tecnológica e de inovação se configura em uma ilustração materializada no espaço geográfico de como funciona um Ecossistema de Inovação. Portanto, vislumbra-se, no município de Campinas, um reflexo palatável da interação sistêmica daquilo que Etzkowitz (2009) determinou como “Tríplice Hélice: inovação em movimento”.

A interação recíproca na escala regional entre os componentes universidade-indústria-governo, com o constante estímulo, podem criar novos *Habitats* de Inovação, da mesma maneira em que ocorreu com os novos laboratórios do CNPEM, em 2009. Entretanto, da mesma maneira em que jovens habitats se multiplicam dentro de um mesmo ecossistema, no sentido biológico, novos ecossistemas também podem surgir no sentido da inovação.

Desta maneira, considera-se, finalmente, que a criação de novos espaços inovativos no Brasil, similar ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) — que abriga o acelerador de partículas Sirius, depende tanto do empenho individual quanto coletivo de cada integrante que representa a Tríplice Hélice, os quais serão os responsáveis em promover o movimento progressivo da inovação.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. R. M.; CAMPOS, N. M. **O panorama das aceleradoras de startups no Brasil.** Create Space Independent Publishing Plataform. São Paulo, 2016. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18853. Acesso em: 18 fev. 2023.

ALBUQUERQUE, E.; CARIO, S. A. F.; SUZIGAN, W. **Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil**. Rio de Janeiro: Autêntica, 2017.

AREND, M. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um Approach Neo-Schumpeteriano. **Ensaios FEE**, v. 33, n. 2, 2012. Disponível em: https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/ensaios/article/view/2393. Acesso em: 12 jan. 2024.

ASHEIM, B. T.; GERTLER, M. S. **T**he geography of innovation: regional innovation systems. **The Oxford Handbook of Innovation**, 2006. Disponível em: https://academic.oup.com/edited-volume/38667/chapter-abstract/335805297?redirectedFrom=fulltext. Acesso em: 13 maio. 2023.

ASHEIM, B. T.; BOSCHMA, R; COOKE, P. Constructing regional advantage: Platform policies based on related variety and differentiated knowledge bases. **Regional studies**, v. 45, n. 7, p. 893-904, 2011. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343404.2010.543126. Acesso em: jul. 2023.

BAENINGER, R. **Espaço e Tempo em Campinas: migrantes e a expansão do polo industrial paulista**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH). Campinas, 1992. 212f. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.12733/1576253. Acesso em: 4 fev. 2023.

BALDONI, L. A implantação do novo espaço de CT&I da Região Metropolitana de Campinas (SP): Parque Científico e Tecnológico da Unicamp. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 4, n. 1, p. 105-126, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/. Acesso em: 18 ago. 2023.

BARQUETTE, S. Fatores de localização de incubadoras e empreendimentos de alta tecnologia. **Revista de Administração de Empresas**, v. 42, p. 1-13, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rae/a/LfpQYMYWVpFgRtwdHLQf33r/. Acesso em: 20 mar. 2023.

BERGEK, A.; NORRMAN, C. Incubator best practice: A framework. **Technovation**, v. 28, n. 1-2, p. 20–28, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497207001046. Acesso em: 12 fev. 2023.

BERNARDINI, S. P. O planejamento da expansão urbana na interface com a urbanização dispersa: uma análise sobre a região metropolitana de Campinas (1970-2006). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 172-185, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/urbe/a/JpS4YnJnwMnjrWyQGtFLPBG/?lang=pt. Acesso em: 12 dez. 2023.

BIGNETTI, L. P. As inovações sociais: uma incursão por ideias, tendências e focos de pesquisa. **Ciências Sociais Unisinos**, v. 47, n. 1, p. 3-14, 2011. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/938/93820778002.pdf. Acesso em: 12 jun. 2023.

BURGOS, M. B. **Ciência na periferia: a luz síncrotron brasileira**. EDUFJF22, 1999.

BRASIL. Constituição (1964). Lei n.º 4.533, de 8 de dezembro de 1964. **Altera a Lei n.º 1.310, de 15 de janeiro de 1951, que criou o Conselho Nacional de Pesquisas, e dá outras providências**. Brasília, 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4533.htm. Acesso em: 11 nov. 2022.

BRASIL. Decreto n.º 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. Regulamenta as Leis n.º 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e n.º 13.243, de 11 de janeiro de 2016, e outros dispositivos legais, com o objetivo de estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 7 fev. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9283.htm. Acesso em: 3 fev. 2023.

BRASIL. Lei n.º 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 dez. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm. Acesso em: 2 fev. 2023.

BRASIL. Lei n.º 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei n.º 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e outras leis. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 jan. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 3 fev. 2023.

BRASIL (Org.). **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação realiza investimento inédito em projetos do PAC**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2023/novembro/ministerio-da-ciencia-tecnologia-e-inovacao-realiza-investimento-inedito-em-projetos-do-pac. Acesso em: 24 maio 2024.

BRESSER-PEREIRA, L. C. A reforma gerencial do Estado de 1995. **Revista de administração pública**, v. 34, n. 4, p. 7 a 26-7 a 26, 2000. Disponível em: https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/6289. Acesso em: 25 jan. 2024.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Empresários, o governo do PT e o desenvolvimentismo. **Revista de sociologia e política**, v. 21, p. 21-29, 2013. Disponível em:https://www.scielo.br/j/rsocp/a/6DgyqYLj7zbdFwnB9MgYcgn/. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRITO, E. P. Z.; BRITO, L. A. L.; MORGANTI, F. Inovação e o desempenho empresarial: lucro ou crescimento? **RAE eletrônica**, v. 8, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/raeel/a/Wmcg8qPcXx5gQwpxhfMXBfc/. Acesso em: jun. 2022.

CAIADO, A. S. C.; *et. al.* Município de Campinas. *In*: CANO, W.; BRANDÃO, C. A. **A Região Metropolitana de Campinas**: Urbanização, economia, finanças e meio ambiente. v. 1. Campinas: Editora Unicamp, 2002, p. 99–188.

CAIADO, M.; PIRES, M. C. S. Campinas Metropolitana: transformações na estrutura urbana atual e desafios futuros. Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação. **Campinas: Nepo/Unicamp**, p. 275-304, 2006. Disponível em: https://www.nepo.Unicamp.br/publicacoes/livros/vulnerabilidade/arquuivos/arquuivos/vulnerab_cap_10_pgs_275_304.pdf. Acesso em 11 dez. 2023.

CANO, W. Desequilíbrios regionais e concentração industrial em São Paulo. 2ª ed. Campinas: Unicamp/Instituto de Economia, 1998.

CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. 5. ed. Campinas: Unicamp. IE, 2007. Disponível em: https://www.economia.Unicamp.br/images/publicacoes/Livros/geral/Raizes-da-concentracao-industrial-em-Sao-Paulo.pdf. Acesso em: 16 fev. 2023.

CANUTO, O. Aprendizado tecnológico na industrialização tardia. **Economia e sociedade**, v. 2, n. 1, p. 171, 1993. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rep/a/csqTVmZDPMR63XZxp6p7mgP/?lang=pt. Acesso em: 4 dez. 2023.

CAPPA, J. A função do Aeroporto Internacional de Viracopos na economia contemporânea. **Pesquisa & Debate**, v. 22, n. 1 (39), 2011. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/rpe/article/view/7392. Acesso em: 22 de mar. 2023.

CAPPA, J. Campinas e Viracopos: uma requalificação da metrópole no século XXI. *In:* SOUZA, M. A. (Org.). **A Metrópole e o Futuro**: refletindo sobre Campinas. Campinas: Edição Territorial, 2008, p. 157–178.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, v. 46, n. 3-4, p. 201–234, 2009. Disponível em: https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTM.2009.023374. Acesso em: 18 jan. 2023.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D.F. J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development**, v. 1, n. 1, p. 41-69, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/. Acesso em: 13 nov. 2023.

CARAYANNIS, E. G.; BARTH, T. D.; CAMPBELL, D. F. J. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. **Journal of innovation and entrepreneurship**, v. 1, p. 1-12, 2012. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/2192-5372-1-2. Acesso em: 12 nov. 2023.

CARAYANNIS, E. G.; RAKHMATULLIN, R. The quadruple/quintuple innovation helixes and smart specialization strategies for sustainable and inclusive growth in Europe and beyond. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 5, p. 212-239, 2014. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-014-0185-8. Acesso em: 5 dez. 2023.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em perspectiva**, v. 19, p. 34–45, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/spp/a/9V95npkxV66Yg8vPJTpHfYh/?lang=pt. Acesso em: 29 jan. 2023.

CAVALCANTE, L. R. M. T.; FAGUNDES, M. E. M. Formulação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação em Nível Subnacional: Isomorfismo e Aderência às Realidades Regionais. **Journal of Technology Management & Innovation**. v. 2, n. 2, p. 136–147, 2007. Disponível em: http://www.jotmi.org/index.php/GT/article/view/art51. Acesso em: 3 fev. 2018.

COUTINHO, L. Globalização e capacitação tecnológica nos países de industrialização tardia: lições para o Brasil. **Gestão & Produção**, v. 3, p. 49-69, 1996. Disponível em: https://www.scielo.br/j/gp/a/LZn54s6xZ3jsNrX6T37rs4f/?lang=pt. Acesso em: 17 dez. 2023.

COHEN, S. G.; HOCHBERG, Y. V. **Accelerating startups: The seed accelerator phenomenon**. Social Science Research Network, 2014. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2418000. Acesso em: 19 fev. 2023.

CHRISTENSEN, C. M. T**he innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail**. Harvard Business Review Press, 2013.

CNPEM. **Projeto Sirius**: a nova fonte de luz síncrotron brasileira. Campinas, out. 2014. Disponível em: https://issuu.com/CNPEM/docs/projeto_sirius. Acesso em: 19 nov. 2022.

CNPEM. **História do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron**. Campinas, 2015. Disponível em: https://CNPEM.br/. Acesso em: 5 ago. 2022.

CNPEM. **LNBio representa o Brasil em projeto de pesquisa para desenvolver fármacos contra doenças negligenciadas**. 2015. Disponível em: https://cnpem.br/lnbio-representa-o-brasil-em-projeto-de-pesquisa-para-desenvolver-farmacos-contra-doencas-negligenciadas/. Acesso em: 19 maio 2024.

CNPEM. **Governo Federal oficializa início das pesquisas no Sirius, maior projeto da ciência brasileira**. Campinas, outubro, 2020a. Disponível em: https://CNPEM.br/en/governo-federal-oficializa-inicio-das-pesquisas-no-sirius-maior-projeto-da-ciencia-brasileira/. Acesso em: 7 jun. 2020.

CNPEM. **Sirius: acelerando o futuro da ciência**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2 ed. Campinas, 2020b. Disponível em: https://lnls.CNPEM.br/sirius/. Acesso em: 1 dez. 2022.

CNPEM. **Nanotecnologia aplicada a papel condutor e detergente pode viabilizar novos dispositivos de diagnóstico clínico**. Campinas, 2022. Disponível em: https://CNPEM.br/nanotecnologia-aplicada-a-papel-condutor-e-detergente-pode-viabilizar-novos-dispositivos-de-diagnostico-clinico/. Acesso em: 29 mar. 2024.

CNPEM. **Relatórios de 2022**. 2022. CNPEM. Disponível em: https://cnpem.br/relatorios-de-2022/. Acesso em: 17 maio 2024.

CNPEM. **LNBR/CNPEM vence "Pesquisador de Destaque", com Mário Murakami, dentre mais de 90 institutos de C&T no Prêmio de Reconhecimento de Unidades Embrapii**. 2023. CNPEM. Disponível em: https://cnpem.br/lnbr-cnpem-vence-pesquisador-de-destaque-com-mario-murakami-dentre-mais-de-90-institutos-de-ct-no-premio-de-reconhecimento-de-unidades-embrapii/. Acesso em: 19 maio 2024.

DORNELAS, J. C. A. **Planejando incubadoras de empresas**: como desenvolver um plano de negócios para incubadoras. Rio de Janeiro: Campus, 2022.

DRUCKER, P. F. **Administração de organizações sem fins lucrativos**: princípios e práticas. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

DRUCKER, P. F. **A administração na próxima sociedade**. Barueri: NBL Editora, 2011.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. **EASST review**, v. 14, n. 1, p. 14–19, 1995. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085. Acesso em: 18 nov. 2022.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research policy**, v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733399000554. Acesso em: 18 nov. 2022.

ETZKOWITZ, H. **Hélice Tríplice: Universidade-Indústria-Governo. Inovação em Movimento**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos avançados**, v. 31, p. 23-48, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/4gMzWdcjVXCMp5XyNbGYDMQ/?lang=pt&format=html. Acesso em: 4 abr. 2023.

FERREIRA, M. C. Z.; TEIXEIRA, C. S.; FLÔR, C. S. A disseminação da cultura de inovação e o desenvolvimento dos Núcleos de Inovação Tecnológica nas ICTs de Santa Catarina. *In:* **Conferência ANPROTEC**. 2016. Disponível em: https://via.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/10/A-disseminação-da-cultura-de-inovação-e-o-desenvolvimento-dos-NITs-nas-ICTs-de-SC.pdf. Acesso em: 18 jun. 2023.

FLÓRIO, V. O acelerador Sirius: governo investe em tecnologia de ponta. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 4, p. 10-11, 2013. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000400005&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 24 dez. 2023.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 34 ed., 5 reimpr. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GALA, P; CARVALHO, A. R. Brasil, uma sociedade que não aprende: novas perspectivas para discutir ciência, tecnologia e inovação. **Cadernos de Campo: Revista de Ciências Sociais**, n. 27, p. 39-57, 2019. Disponível em: https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/view/13732. Acesso em: 6 jan. 2024.

GARCIA, R.; SUZIGAN, W. Relações Universidade-Empresa. In: Pelaez, V. (Org.). **Fundamentos de Economia e Gestão da Inovação**. São Paulo: Hucitec, 2021.

GOMES, L. A. V.; FACIN, A. L. F.; SALERNO, M. S.; IKENAMI, R. K. Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516306576. Acesso em: 10 jan. 2023.

GRUNDEL, I.; DAHLSTRÖM, M. A quadruple and quintuple helix approach to regional innovation systems in the transformation to a forestry-based bioeconomy. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 7, p. 963-983, 2016. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-016-0411-7. Acesso em: 17 nov. 2023.

IANNI, O. **Estado e planejamento econômico no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1996.

IBGE. **Regiões de influência das cidades: 2018**. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/. Acesso em: 9 jun. 2023.

IKENAMI, R. K.; GARNICA, L. A.; RINGER, N. J. Ecossistemas de inovação: abordagem analítica da perspectiva empresarial para formulação de estratégias de interação. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**. v. 7, n. 1, Ed. Esp. Ecossistemas de Inovação e Empreendedorismo, p. 162–174, 2016. Disponível em: https://www.fundace.org.br/revistaracef/index.php/racef/article/view/232. Acesso em: 17 jan. 2023.

INOVA UNICAMP. **Relatório Anual da Agência de Inovação Inova Unicamp 2022**. Disponível em: https://www.inova.unicamp.br/biblioteca/. Acesso em: 15 dez. 2023.

JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. A. Governança ambiental e economia verde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1469-1478, 2012. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a11.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.

JÓIA, P. R.; SELINGARDI-SAMPAIO, S. Estruturação do Polo Tecnológico de Campinas (SP). Contribuição ao Estudo dos Espaços Industriais de Alta Tecnologia. **Geografia**, p. 5–71, 1995. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14858. Acesso em: 15 fev. 2023.

KASARDA, J. D.; LINDSAY, G. **Aerotrópole**: o modo como viveremos no futuro. São Paulo: DVS Editora, 2012.

KALEMKARIAN, M. **As Indústrias de Alta Tecnologia no Interior de São Paulo**: um estudo sobre fatores locacionais. 1994. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração e Políticas Urbanas, Eaesp, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1994. Disponível em: https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/bf259996-26c0-41f1-a885-6166560b20f2/content. Acesso em: 17 out. 2022.

KREINZ, G.; NUNES, O. Pavan: o extravagante divulgador científico. **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 2, p. 14–15, 2023. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000600005. Acesso em: 26 abr. 2023.

LAPLANE, M. F.; BORGHI, R. A. Z.; TORRACCA, J. Ecossistema de inovação e digitalização: uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 22, p. 1-36, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbi/a/vd5NYJ5VFb5gnC5mGdfxHfG/. Acesso em: 15 dez. 2023.

LEONELLI, G. C. V.; CAMPOS, E. F. R. Leis expansivas para a expansão urbana: Campinas sem limites. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 36-48, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/urbe/a/DqWwJWJHzcph3NXnk8CchwC/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 dez. 2023.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H. The triple helix as a model for innovation studies. **Science and public policy**, v. 25, n. 3, p. 195–203, 1998a. Disponível em: https://academic.oup.com/spp/article-abstract/25/3/195/1630936. Acesso em: 16 nov. 2022.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H. Triple Helix of innovation: introduction. **Science and public policy**, v. 25, n. 6, p. 358–364, 1998b. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279550435_Triple_Helix_of_innovation_Introduction. Acesso em: 16 nov. 2022.

LNLS. **História de Pioneirismo**. Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Campinas, 2023. Disponível em: https://lnls.CNPEM.br/sobre/historia/. Acesso em: 07 fev. 2023.

LNNano. **Parcerias & Casos de Sucesso**. Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Campinas, 2024. Disponível em: https://lnnano.CNPEM.br/inovacao-tecnologica/parcerias-casos-de-sucesso/. Acesso em 26 mar. 2024.

LNBR. **LNBR: visão geral**. 2024. CNPEM. Disponível em:https://lnbr.cnpem.br/visao-geral/. Acesso em: 18 maio. 2024.

MARTINS, C. E. **Globalização, dependência e neoliberalismo na América Latina**. São Paulo: Boitempo, 2013.

MASTRODI, J; SALA, M. F. O fenômeno da "alphavillezação da cidade": A proliferação dos condomínios fechados estudada à luz das ingerências privadas na realidade do município de Campinas. **Revista de Direito da Cidade**, v. 9, n. 3, p. 1046-1084, 2017. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/28188. Acesso em: 12 dez. 2023.

MEDEIROS, J. A. As novas tecnologias e a formação dos polos tecnológicos brasileiros. *In*: **Estudos Avançados**. Coleção Documentos. Série Política Científica e Tecnológica, 5, 31p. São Paulo: IEA/USP, 1990. Disponível em: http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/as-novas-tecnologias-e-a-formacao-dos-polos-tecnologicos-brasileiros. Acesso em: 21 abr. 2023.

MELO, R. C. N. **Parques tecnológicos do estado de São Paulo: incentivo ao desenvolvimento da inovação.** Orientadora: Sandra Lencioni. 2014. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-04082015-173913/en.php. Acesso em: 18 abr. 2023.

MENDES, A. A. Reestruturações Locais como Efeitos da Globalização Econômica: uma análise da estrutura produtiva do Polo Têxtil de Americana, SP. **Geografia**, p. 87–100, 2002. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1912. Acesso em: 3 fev. 2023.

MENDES, A. A. Condomínios Industriais e os novos fatores locacionais: Algumas Reflexões Sobre as Condições Gerais para a Produção e a Reprodução do Capital. **Geografia e Pesquisa**, v. 4, n. 1, 2010. Disponível em: http://vampira.ourinhos.unesp.br/openjournalsystem/index.php/geografiaepesquisa/article/view/107. Acesso em: 28 abr. 2022.

MENDES, A. A. O distrito audiovisual em Buenos Aires (Argentina): criatividade e desenvolvimento territorial. Espaço e Economia. **Revista Brasileira de Geografia Econômica**, n. 8, 2016. Disponível em: https://journals.openedition.org/espacoeconomia/2229. Acesso em: 12 fev. 2023.

MENDES, A. A. Condomínios Industriais e Plataformas Logísticas na Região Administrativa de Campinas (SP): Eixos Logísticos-Industriais e os Processos de Formação da Aerotropolis de Viracopos. *In*: MENDES, A. A (Org.). **Dinâmica locacional das indústrias: fatores, agentes e processos**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2020. p. 111–130. Disponível em: https://openaccess.blucher.com.br/download-pdf/447/21929. Acesso em: 28 jan. 2023.

MENDES, A. A. Espaços de *coworking* em São Paulo: aspectos locacionais e flexibilidade de trabalho em atividades criativas. **Estudos Geográficos**: Revista Eletrônica de Geografia, v. 20, n. 1, p. 298–308, 2022. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/download/16477/12377. Acesso em: 17 maio. 2023.

MINEIRO, A. A. C.; SOUZA, L. D.; VIEIRA, K. C.; CASTRO, C. C.; BRITO, M. J. Da hélice tríplice a quíntupla: uma revisão sistemática. **Revista Economia & Gestão**, v. 18, n. 51, p. 77-93, 2018. Disponível em: https://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/17645. Acesso em: 29 nov. 2023.

MONTEIRO, P. O.; TAJRA, S. F.; RIBEIRO, J. R.; BUSSOLOTTI, J. M. Educação, inovação e empreendedorismo: a universidade e o seu novo papel na sociedade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 6, 2019.

MOORE, J. Predators and prey: a new ecology of competition. **Harvard Business Review**, v. 71, n. 3, p. 75–86, 1993. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5762159/mod_resource/content/1/Moore1993%20Predators_and_Prey_A_New_Ecology_of_Competition.pdf. Acesso em: 7 dez. 2022.

MORISET, B. Building new places of the creative economy: The rise of coworking spaces. *In*: **2nd geography of innovation international conference**, p. 1-25, 2014. Disponível em: https://shs.hal.science/halshs-00914075/document. Acesso em: 17 maio, 2023.

PETROFF, Y. Radiação de Síncrotron no Brasil UVX e Sirius. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 3, p. 18–22, 2017.

PINTO, M. M. **Tecnologia e inovação**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração: Brasília, 2012. Disponível em: https://canalcederj.cecierj.edu.br/122016/dfacdcd2bb529584978b65928055a2b4.pdf. Acesso: 24 ago. 2023.

PLONSKI, G. A. Cooperação empresa-universidade: antigos dilemas, novos desafios. **Revista USP**, [S. l.], n. 25, p. 32–41, 1995. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/27045. Acesso em: 10 abr. 2022.

PORTER, M. E. **Clusters and the new economics of competition**. Harvard Business Review, p. 77–90, 1998. Disponível em: https://hbr.org/1998/11/clusters-and-the-new-economics-of-competition. Acesso em: 29 jan. 2023.

PORTER, M. E. Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy. **Economic Development Quarterly**, v. 14, n. 1, p. 15–34, 2000. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/089124240001400105. Acesso em: 29 jan. 2023.

PORTER, M. E.; STERN, S. Innovation: location matters. **MIT Sloan management review**, 2001. Disponível em: https://sloanreview.mit.edu/article/innovation-location-matters/. Acesso em: 14 ago. 2023.

RAUEN, C. V. O Novo Marco Legal da Inovação no Brasil: O que muda na Relação ICT-Empresa? **Radar**, v. 43, p.21-35, 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6051/1/Radar_n43_novo.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

RAUEN, C. V. **O projeto Sirius e as encomendas tecnológicas para a construção da nova fonte de luz síncrotron brasileira**. Brasília, 2017. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/politicasdeinovacaocap08.pdf. Acesso em: 19 set. 2021.

RENNER, D. P. **Ecossistema de startups de Campinas: o papel da Inova Unicamp na estruturação do campo institucional**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://repositorio.fgv.br/items/6fa7dcc7-a08a-499f-99b7-a5d63c624e09. Acesso em: 15 dez. 2023.

ROLNIK, R. *et al*. O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos Metrópole**, v. 17, p. 127-154, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cm/a/q47HCnW58YPJHzyvhZSWPwB/?lang=pt. Acesso em 11 dez. 2023.

ROSA, L. G.; MENDES, A. A. **Serviços Hoteleiros, Turismo de Negócios, Eventos e Organização Espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

ROXO, R. A formação urbana de Campinas (SP): de pouso à margem do caminho do ouro a lugar mundial. **Geosul**, v. 35, n. 74, p. 38–63, 2020. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/aeff/0dc4bf02b08163eb1f86f57b172d991ab959.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

RUSSELL, M. G.; STILL, K.; HUHTAMÄKI, J.; YU, J.; RUBENS, N. Transforming innovation ecosystems through shared vision and network orchestration. *In*: **Triple Helix IX International Conference**, 2011. Disponível em: http://www.leydesdorff.net/th9/3NWAFYZH9_Russell.pdf. Acesso em: 27 jan. 2023.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Hucitec, 1994.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: Técnica e tempo. Razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5 ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, T. A estrutura da dependência. **Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política**, v. 1, n. 30, 2011. Disponível em: https://revistasep.org.br/index.php/SEP/article/view/886. Acesso em: 12 jan. 2024.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 5. ed., 5 reimpr. São Paulo: Edusp, 2020.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**. 6 ed., 3 reimpr. São Paulo: Edusp, 2021.

SEADE. **Investimentos em centros de P&D em São Paulo**. 2021b. Disponível em: https://informa.seade.gov.br/. Acesso em: 10 jun. 2023.

SEADE. **Mais da metade de recursos em pesquisa no Estado fica na Região de Campinas**. 2021a. Disponível em: https://www.seade.gov.br/. Acesso em: 10 jun. 2023.
SEADE. **Região Metropolitana de Campinas registra maior geração de empregos no Interior do Estado**. 2022. Disponível em: https://www.seade.gov.br/. Acesso em: 11 jun. 2023.

SEMEGHINI, U. C. **Campinas (1860 a 1980): agricultura, industrialização e urbanização.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Instituto de Economia (IE). Campinas, 1988. 282f. Disponível em: http://repositorio.Unicamp.br/Acervo/Detalhe/52164. Acesso em: 30 jan. 2023.

SILVA, V. P.; EGLER, C. A. G. A inovação em tempos de globalização: uma aproximação. **Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, v. 8, n. 33, p. 170, 2004. Disponível em: https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-33.htm. Acesso em: 14 abr. 2022.

SILVA, E. R. P. **Manual de Incubação de Empresas**: conceitos, metodologias e práticas. Goiânia: Kelps, 2016.

SOARES, J. M. M.; SALTORATO, P. Coworking, uma forma de organização de trabalho: conceitos e práticas na cidade de São Paulo. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**, v. 4, n. 2, p. 61–73, 2015. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/atoz/article/view/42337/26968. Acesso em: 17 maio. 2023.

SUZIGAN, W. A industrialização de São Paulo: 1930–1945. **Revista Brasileira de Economia**, v. 25, n. 2, p. 89–111, abr–jun., 1971.

SUZIGAN, W. **Indústria brasileira: origem e desenvolvimento**. São Paulo: Hucitec, 2000.

SUZIGAN, W; FURTADO, J. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. **Estudos Econômicos** , v. 40, p. 7-41, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ee/a/TM8d9J5jzWCTGHJYNbsX39F/?lang=pt. Acesso em 27 dez. 2023.

SBF. **Boletim Informativo**. CBPF, v. 13 n. 3. Rio de Janeiro, 1982b. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/memoria/boletins/boletim-1982-03.pdf. Acesso em: 13 dez. 2022.

SBF. **Boletim Informativo**. CBPF, v. 13, n. 2. Rio de Janeiro, 1982a. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/memoria/boletins/boletim-1982-02.pdf. Acesso em: 13 dez. 2022.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. São Paulo: Editora da Unesp, 2017.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SPINOSA, L. M.; SCHLEMM, M. M.; REIS, R. S. Brazilian innovation ecosystems in perspective: Some challenges for stakeholders. **Revista Brasileira de Estratégia**, v. 8, n. 3, p. 386–400, 2015. Disponível: http://www.spell.org.br/documentos/ver/39304/brazilian-innovation-ecosystems-in-perspective--some-challenges-for-stakeholders-. Acesso em: 4 fev. 2023.

SPINUZZI, C. **What coworking tell us about the future of work. In South by southwest interactive panel**. Austin: University of Texas, 2010. Disponível em:

SPOSITO, E. S.; SANTOS, L. B. **O capitalismo industrial e as multinacionais brasileiras**. São Paulo: Outras Expressões, 2012.

TAVARES, M. C. **Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro: Ensaios sobre Economia Brasileira**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

TAVARES, I. L.; OLIVEIRA, C.; LEONELLI, G. C. V. A disputa pela expansão urbana no Plano Diretor de Campinas. *In:* **Anais do III Congreso Iberoamericano de Suelo Urbano**. Curitiba. 2017.

TAYLOR, W. F. **Princípios de administração científica**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TEIXEIRA, C. S.; ALMEIDA, C. G.; FERREIRA, M. C. Z. **Habitats de Inovação: alinhamento conceitual**. Florianópolis: Perse, 2016. Disponível em: http://centrosdeinovacao.sc.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/7.Habitats-de-Inovação-Alinhamento-Conceitual.pdf. Acesso em: 21 jan. 2023.

TEIXEIRA, C. S.; TRZECIAK, D. S.; VARVAKIS, G. **Ecossistema de Inovação: alinhamento conceitual**. Florianópolis: Perse, 2017. Disponível em: http://via.ufsc.br/. Acesso em: 19 jan. 2023.

TIDD, J.; BESSANT, J, PAVITT, K. **Managing Innovation - Integrating Technological, Market and Organizational Change**. San Francisco: Wiley, 2005.

TUNES, R. **Geografia da Inovação**. Território e Inovação no Brasil no século XXI. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021.

TURCZYN, D. T.; MONTEIRO, E. Z. Mutações urbanas em Campinas: suas tipologias e padrões de implantação. **PNUM 2018: A Produção do Território: Formas, Processos, Desígnios**, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Turczyn/publication/327075380_Mutacoes_Urbanas_em_Campinas_suas_tipologias_e_padroes_de_implantacao/links/5b76d95fa6fdccfc1dafbe7c/Mutacoes-Urbanas-em-Campinas-suas-tipologias-e-padroes-de-implantacao.pdf. Acesso em: 12 dez. 2023.

THOMAS, L. D. W.; AUTIO, E. Innovation ecosystems. *In*: ALDAG, R. (Org.). **Oxford Research Encyclopaedia of Business and Management**. London: Oxford University Press, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336603231_Innovation_ecosystems_in_management_An_organizing_typology. Acesso em: 26 jan. 2023.

VALE, M. Conhecimento, inovação e território. **Finisterra**, v. 44, n. 88, 2009. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/1364. Acesso: 12 set. 2022.

VALE, M. **Conhecimento, inovação e território**. Lisboa: Editora Papagaio, 2012.

VELHO, L; PESSOA JR., O. **O processo decisório na implantação do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron**. Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, Texto para discussão, n.°. 23, 1998. Disponível em: http://www.sbu.Unicamp.br/sbu/. Acesso em: 20 nov. 2022.

WEG. **Soluções WEG no Sirius, projetado para ser o melhor acelerador de partículas do mundo**. 2018. Disponível em: https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/solucoes-weg-no-sirius-projetado-para-ser-o-melhor-acelerador-de-particulas-do-mundo. Acesso em: 24 dez. 2023.

ZEN, A. C.; HAUSER, G. A articulação e o desenvolvimento dos parques tecnológicos: O caso do Programa Porto Alegre Tecnópole–Brasil. **Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**. XI, 2005.

APÊNDICE I

1. Quais foram os motivos e a razão que definiu a posição geográfica do CNPEM?

2. Existem vantagens ou desvantagens geográficas e produtivas submetidas ao CNPEM devido à sua localização?

3. Qual a dimensão do CNPEM em terreno e área construída? Ele foi cedido pela iniciativa pública (se sim, de qual instância) ou foi adquirido?

4. Os fatores locacionais, tais como: infraestruturas territoriais (rodovias, aeroportos, redes de telecomunicação, rede elétrica, etc.), além da presença das universidades, devem ser interpretados como elementos cruciais para a existência do CNPEM?

5. Por que Campinas foi selecionada para ser a sede das pesquisas com aceleradores de partículas e desbancou a cidade do Rio de Janeiro?

6. Todas as infraestruturas eram satisfatórias para o CNPEM ter êxito em sua localização atual ou houve a necessidade de novos investimentos (em telemática, em energia, etc)? Se sim, os investimentos tiveram origem pública, da iniciativa privada ou de ambos?

7. Quantos funcionários o CNPEM emprega (na parte administrativa, de pesquisa, na área produtiva, etc)? Todos estão sob regime da Consolidação das Leis do Trabalho ou há terceirizados?

8. Quais são as sinergias entre o CNPEM e as indústrias que provêm equipamentos, insumos e serviços? Quais são elas e onde se localizam?

9. É possível dizer que o CNPEM teve força de atração em relação às empresas e indústrias que se localizam no seu entorno? Existem parcerias entre o CNPEM e elas?

10. Existem outros centros de alta tecnologia como o CNPEM no mundo? Onde eles se localizam?

11. Quais são as relações de pesquisa que o CNPEM mantém com universidades? Quais são elas? São nacionais e/ou internacionais?

12. De modo específico, quais são as interações do CNPEM com a Unicamp, com o Inova Unicamp, com o CPQD, com os demais centros de pesquisa e indústrias, além de instituições locais?

13. Por que o CNPEM é definido como um "Centro Nacional" de pesquisas? Qual sua relação com o Polo Tecnológico de Campinas?

14. Qual a origem geográfica do capital investido no CNPEM? A manutenção e recursos futuros dependem estritamente do governo federal ou existem investimentos estrangeiros?

15. Qual o papel do governo federal, estadual e municipal em relação ao apoio e manutenção do CNPEM?

16. Quantos laboratórios há no CNPEM, atualmente? O que eles produzem e qual a importância social e científica desses resultados. Há projeções para outros no futuro?

17. Quais são as origens geográficas dos aparelhos e equipamentos utilizados pelos pesquisadores do CNPEM? Quais deles são estrangeiros e quais são nacionais? Há uma empresa em específico que oferece mais suporte técnico e tecnológico ao CNPEM?

18. É possível dizer que o CNPEM está na fronteira tecnológica e da inovação na classe de aceleradores de partículas de luz síncrotron? Quais países no mundo possuem tecnologia idêntica?

19. Todos os resultados científicos-tecnológicos obtidos pelos pesquisadores do CNPEM têm base nacional ou existe interação com instituições internacionais?

20. Qual a qualificação média dos pesquisadores do CNPEM? Todos são brasileiros ou existem membros estrangeiros na equipe? Quais as nacionalidades dos usuários?

21. Qual o procedimento padrão para que pesquisadores possam ter acesso ao suporte técnico do CNPEM? Quantos cientistas usam, anualmente, instrumentos e laboratórios do CNPEM?

22. Todos os usuários são brasileiros ou há pesquisadores estrangeiros que também utilizam? Qual o tempo médio de espera dos usuários para que ele tenha acesso aos laboratórios?

23. Quais são os mercados com interesse nos resultados produzidos pelo CNPEM? Os interessados são de unidades empresariais nacionais e/ou internacionais? Qual a origem geográfica dos mercados?

24. No sentido de impactos ambientais, quais são as medidas cautelares que o CNPEM executa? A Governança Ambiental, Social e Corporativa (ESG — sigla em inglês) é aplicada?

25. O que o CNPEM representa para o desenvolvimento científico-tecnológico brasileiro e para nossa economia? Ele participa cientificamente e economicamente também ao nível internacional?

26. Quais são as perspectivas e o planejamento futuro para o CNPEM?

27. Quais são os principais obstáculos enfrentados pelo CNPEM no Brasil atual?