



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL – PEI

DOUTORADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

ERON PASSOS ANDRADE

**RETRATO DA HÉLICE TRÍPLICE: CONTRIBUIÇÕES
DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS AO
PROCESSO DE INOVAÇÃO**



SALVADOR
2023

ERON PASSOS ANDRADE

**RETRATO DA HÉLICE TRÍPLICE: CONTRIBUIÇÕES DE UNIVERSIDADES
PÚBLICAS BRASILEIRAS AO PROCESSO DE INOVAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Industrial.

Área de concentração: Desenvolvimento sustentável de processos e produtos

Orientadora: Profa. Dra. Angela Machado Rocha

Orientador: Prof. Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento

**SALVADOR – BAHIA
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Andrade, Eron Passos

Retrato da hélice tríplice: contribuições de universidades públicas brasileiras ao processo de inovação / Eron Passos Andrade. -- Salvador, 2023.
160 f. : il

Orientador: Marcio Luis Ferreira Nascimento.

Coorientador: Angela Machado Rocha.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2023.

1. Inovação Tecnológica. 2. Hélice Tríplice. 3. Universidades. 4. Análise Textual Discursiva. 5. Análise Exploratória Multivariada. I. Nascimento, Marcio Luis Ferreira. II. Rocha, Angela Machado. III. Título.

RETRATO DA HÉLICE TRÍPLICE: CONTRIBUIÇÕES DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS AO PROCESSO DE INOVAÇÃO

ERON PASSOS ANDRADE

Tese submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Industrial.

Examinada por:



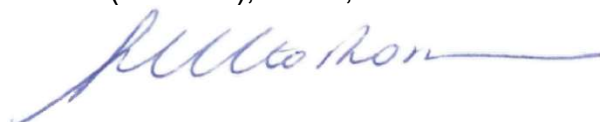
Profa. Dra. Angela Machado Rocha

Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil, 2013.



Prof. Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento

Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil, 2004.



Profa. Dra. Ana Lúcia Vitale Torkomian

Doutora em Administração pela Universidade de São Paulo (USP), Brasil, 1997.



Prof. Dr. Angelo Conrado Loula

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Brasil, 2011.



Prof. Dr. Paulo José Lima Juiz

Doutor em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Brasil, 2013.

Documento assinado digitalmente



PAULA MEYER SOARES

Data: 20/03/2023 15:07:27-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Paula Meyer Soares

Doutora em Economia de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), Brasil, 2002.

**SALVADOR – BAHIA
2023**

Aos meus pais, Adalberto e Nilzete, aos meus irmãos Érika, Otaviano, Ananda e Antônio, ao Patrício, aos demais familiares e amigos que me apoiaram, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus criador, pela dádiva da vida, por ter saúde, por ter a capacidade de aprender e pela proteção que recebo diariamente dos Teus anjos. Também sou grato a Ti, pelas pessoas que cruzaram o meu caminho, algumas delas me inspiram, me ajudam, me desafiam e me encorajam a ser cada dia melhor.

À minha avó e madrinha Marina, *in memoriam*, que me orientou nos primeiros passos e nos valores cristãos.

Aos meus pais, Nilzete e Adalberto, por tudo o que me ensinaram, pela paciência, compreensão, incentivo e amor que tiveram durante toda a minha vida. Também, pelos sacrifícios que fizeram para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus irmãos, Érika, Otaviano, Ananda e Antônio, pelas palavras e gestos calorosos de amor.

Ao Patrício, pelo apoio incondicional e tão carinhoso, pelo incentivo e pela ajuda na elaboração e execução do projeto deste trabalho.

A todos os amigos pelos conselhos que me fazem refletir e me ajudam a ser uma pessoa melhor e pelas palavras de incentivo.

Ao Prof. Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento e à Profa. Dra. Angela Machado Rocha, pela orientação, amizade e pelos importantes ensinamentos que contribuíram para meu aprendizado e para a realização deste trabalho.

Aos demais professores da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela socialização do conhecimento, em especial àqueles que compõem o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, que foram tão importantes na minha formação.

Ao Prof. Dr. Jadiel dos Santos Pereira pela parceria na construção do algoritmo do *software* DendroAnalysis e pelas palavras de motivação.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) pelos dois anos de afastamento para capacitação que permitiu a conclusão desta tese. Aos colegas docentes e técnicos do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS/UFRB).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) – código de financiamento [BOL0151/2017].

Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta (Chico Xavier).

PREFÁCIO

O interesse pelo tema da inovação tecnológica iniciou-se ainda na graduação, quando, sob a orientação do Prof. Dr. João Pedro de Castro Nunes Pereira, estudava a gestão do conhecimento e a difusão de inovações tecnológicas entre os pequenos produtores de flores, integrantes do Projeto Flores da Bahia. Foi gratificante e enriquecedor para minha formação profissional e pessoal testemunhar e relatar, através do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), a atuação daqueles que, mesmo em situação de vulnerabilidade social, conseguiam gerar conhecimento tácito por meio da experiência prática e transferi-lo na forma de tecnologia entre os pares e, por vezes, com instituições, a exemplo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e da extinta Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA).

Desde aquela época, uma questão pairava em mente: se pequenos produtores de flores, em condição de vulnerabilidade social e com limitações de escolaridade e de acesso às informações, colaboravam para a tecnologia e inovação, qual seria a contribuição das universidades, instituições tradicionalmente reconhecidas pela transmissão de conhecimentos, para o desenvolvimento econômico e social, através da inovação? Foi durante o mestrado que a tentativa de entender tal questão ganhou maior devoção de tempo. Com o auxílio e orientação do Prof. Dr. Marcelo Embiruçu de Souza e da Prof. Dra. Isabel Sartori foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) a dissertação que versava sobre “Sistema de Mensuração de Desempenho em Inovação para Universidades Públicas no Brasil”.

Naquele período, para teste do sistema de mensuração idealizado, iniciou-se um banco de dados referentes a variáveis e parâmetros que, de algum modo, exercem influência na participação das universidades públicas brasileiras na dinâmica da inovação tecnológica. Apesar das limitações, inerentes a todo trabalho científico, o método desenvolvido e adaptado naquele trabalho de mestrado mostrou-se promissor. A disponibilidade de dados sempre foi um desafio, mas o interesse na temática estimulou a manter atualizada a coleção de dados, mesmo após a obtenção do título de mestre.

O trabalho de doutorado, ora apresentado, é a continuidade dessa inquietação pessoal. Desta vez, com o impulso valioso dos meus estimados orientadores, o Prof.

Dr. Marcio Luis Ferreira Nascimento e sua competência na análise de dados quantitativos e crescente interesse na temática da inovação tecnológica, e a Profa. Dra. Angela Machado Rocha, com vasta experiência sobre as dinâmicas de inovação em universidades, tornou-se possível promover esta contribuição para a literatura. A ideia central que esta tese defende é a inclusão da linguagem matemática e estatística em uma temática que prevalecem abordagens qualitativas, sobretudo na literatura brasileira.

Inicialmente, para maior familiaridade com a bibliografia disponível, adotou-se a abordagem predominantemente qualitativa com a Análise Textual Discursiva (ATD). Faz-se necessário um esclarecimento aqui sobre o uso da palavra predominantemente pois, apesar do emergente da ATD ser qualitativo, o *software* empregado (IRAMUTEQ) utilizou da linguagem matemática e da estatística para gerar resultados na forma de grafos, figuras e tabelas. Partindo desses, gerou-se o primeiro produto associado à presente tese, o artigo intitulado “Hélice Tríplice no Contexto Brasileiro: a Contribuição das Universidades na Inovação Tecnológica”.

Ciente da carência na literatura, ratificada na ATD, iniciou-se a abordagem quantitativa. No primeiro momento, em comum acordo com os orientadores, optou-se por utilizar parte da coletânea de dados. O número de doze (12) variáveis foram incluídos na análise hierárquica de *clusters* e na análise por componentes principais. Tais técnicas multivariadas são ditas exploratórias, ou seja, não são preditivas, e, assim, tornou-se possível gerar uma fotografia de oito (8) universidades brasileiras no período de 2008 até 2015. Os resultados foram incluídos no segundo produto, o artigo “*An Exploratory Analysis of Brazilian Universities in the Technological Innovation Process* [Uma Análise Exploratória das Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica]”.

Na sequência, foi adotada a segunda abordagem quantitativa, que envolveu todas as 76 variáveis disponíveis na coleção de dados. O incremento na quantidade de variáveis teve o propósito de incluir mais aspectos das universidades, enquanto parte da Hélice Tríplice (HT), e conseguir um retrato mais detalhado das contribuições dessas instituições para a inovação tecnológica. As análises exploratórias empregadas foram a hierárquica de *clusters* e incluiu-se o escalonamento multidimensional. Novamente, o recorte de tempo foi de 2008 até 2015 e manteve-se os oito (8) objetos de estudo. O emergente de tais análises permitiu a construção do

terceiro produto, o artigo, cujo título é “*Exploring the Triple Helix Synergy in Brazilian Universities by Means of Multivariate Exploratory Analysis* [Explorando a Sinergia da Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras por Meio da Análise Exploratória Multivariada]”, submetido para publicação.

Surgiu a dúvida sobre como apresentar os três produtos no presente texto. Apesar da tentadora possibilidade de oferecer uma coletânea de artigos, a opção foi compilar os elementos da introdução, referencial teórico e metodologia. No entanto, manteve-se a estrutura individual para os resultados e discussão e, também, da conclusão. Com isso, percebeu-se melhor fluidez na leitura e evitou-se a repetição de elementos textuais. Foi, ainda, no momento da decisão sobre a estrutura da tese que, por sugestão da Prof. Dra. Angela, incluiu-se este prefácio, com a finalidade de apresentar o autor, sua experiência e caminhada na jornada desta pesquisa.

Nos resultados, valioso aporte teórico se deu com a possibilidade de representação gráfica (retrato) da Hélice Tríplice no contexto brasileiro, com o consequente recorte de como as universidades públicas se inserem nesse modelo de inovação tecnológica, conforme suas contribuições ao processo. O que une todos os três produtos é a utilização da linguagem matemática e estatística, seja no primeiro plano, como adotado nas duas abordagens quantitativas, ou no segundo plano, na abordagem qualitativa. Além disso, percebeu-se que diferentes *softwares* e algoritmos, abordagens e técnicas de análise são válidas e apresentaram resultados similares referentes aos estudos em inovação tecnológica.

Longe da conformação ou, mesmo, da falsa ideia de esgotar o tema, este trabalho deixa, ao final, algumas indicações de trabalhos futuros, sejam no horizonte de tempo, no número de variáveis e parâmetros, ou na inclusão de outros atores da Hélice Tríplice. No que se refere a este pesquisador, em constante formação, permanece a inquietação, que certamente impulsionará muitos projetos num futuro próximo.

Eron Passos Andrade

RETRATO DA HÉLICE TRÍPLICE: CONTRIBUIÇÕES DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS AO PROCESSO DE INOVAÇÃO

RESUMO

Dada a importância do conhecimento no modelo da Hélice Tríplice (HT), este trabalho propôs representá-la graficamente por meio de técnicas matemáticas e estatísticas aplicadas a dados de universidades públicas brasileiras e compreender a contribuição dessas instituições para o processo de inovação tecnológica. Inicialmente, adotou-se a abordagem predominantemente qualitativa da Análise Textual Discursiva (ATD) para examinar dados textuais dos *abstracts* de 48 textos, entre artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de livros indexados nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Em seguida, valendo-se de análises multivariadas exploratórias, aplicou-se a abordagem quantitativa em dois momentos. No primeiro, foram utilizadas duas ferramentas; agrupamento hierárquico de *clusters* (HC); e análise de componentes principais (PCA), em um conjunto de dados com doze variáveis. No segundo, usou-se HC e escalonamento multidimensional (MDS), considerando 76 variáveis. Em ambos, os objetos de estudo foram oito universidades brasileiras e o recorte de tempo entre 2008 e 2015. Esta abordagem quali-quantitativa permitiu retratar a HT em termos de suas hélices, considerando a aplicação de diferentes técnicas estatísticas de frequência, além das análises multivariadas exploratórias. A PCA sugeriu, ainda, que grande parte da variância dos dados pôde ser resumida em três componentes principais. O sistema complexo, envolvendo questões universitárias endógenas em um contexto regional e nacional, possibilitou que a partir da HC, em consonância com a PCA, fossem identificados quatro principais *clusters* universitários, enquanto na HC, em conjunto com o MDS, dois agrupamentos foram observados. Esses procedimentos quali-quantitativos minimizaram subjetividades do modelo teórico da HT. Por fim, notou-se que a contribuição das universidades brasileiras para a inovação tecnológica encontra-se distante da proposta do modelo da HT.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica. Hélice Tríplice. Universidades. Análise Textual Discursiva. Análise Hierárquica de *Clusters*. Análise por Componentes Principais. Escalonamento Multidimensional.

PORTRAIT OF THE TRIPLE HELIX: CONTRIBUTIONS OF BRAZILIAN PUBLIC UNIVERSITIES TO THE INNOVATION PROCESS

ABSTRACT

Given the importance of knowledge in the Triple Helix (HT) model, this work proposes to visualize the HT through mathematical and statistical techniques applied to data from Brazilian public universities and to understand the contribution of these institutions to the process of technological innovation. Initially, the predominantly qualitative approach of Discursive Textual Analysis (DTA) was adopted to analyze textual data from the abstracts of 48 texts, including articles published in journals, annals of events and chapters of books indexed in the Scopus and Web of Science databases. Then, using exploratory multivariate analyses, a quantitative approach was applied in two stages. In the first, two tools were used, hierarchical grouping of clusters (HC) and principal component analysis (PCA), in a data set with twelve variables. In the second, HC and multidimensional scaling (MDS) were used, considering 76 variables. In both, the objects of study were eight Brazilian universities and the time frame between 2008 and 2015. This quali-quantitative approach allowed viewing HT in terms of its helices, considering the application of different frequency statistical techniques, in addition to multivariate analysis exploratory. The PCA further suggested that much of the variance in the data could be summarized into three main components. The complex system involving endogenous university issues in a regional and national context, led to the identification of four main university clusters from the HC, in line with the PCA, while in the HC together with the MDS, two clusters were observed. These quali-quantitative procedures minimized subjectivities of the HT theoretical model. Finally, it was noted that the contribution of Brazilian universities to technological innovation is far from the proposal of the HT model.

Keywords: Technological Innovation. Triple Helix. Universities. Discursive Textual Analysis. Hierarchical Analysis of Clusters. Principal Component Analysis. Multidimensional Scaling

LISTA DE PUBLICAÇÕES

ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. Hélice Tríplice no contexto brasileiro: a contribuição das universidades na inovação tecnológica. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.19, n. 55, 2023. <https://dx.doi.org/10.3895/rts.v19n55.15122> (Apêndice A);

ANDRADE, E. P.; PEREIRA, J. S.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. An Exploratory Analysis of Brazilian Universities in the Technological Innovation Process. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 182, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121876> (Apêndice B);

ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. Exploring the Triple Helix Synergy in Brazilian Universities by Means of Multivariate Exploratory Analysis. **Triple Helix Journal** (Submetido).

LISTA DE PRODUTOS TECNOLÓGICOS

PEREIRA, J. S.; ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F.
DendroAnalysis. Versão 1.0. UFRB, 2022. Certificado de Registro nº
BR512022003538-3 (Apêndice C).

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Principais atores do SNCTI, distribuídos em três níveis: político, agências de fomento e operadores de CT&I.	39
Figura 2.2 - Os três modelos da Hélice Tríplice: (a) modelo estatista (<i>statist model</i>); (b) <i>laissez-faire</i> ; (c) modelo equilibrado (<i>balanced model</i>).	44
Figura 3.1 - Sequência de etapas da metodologia empregada na Análise Textual Discursiva.	57
Figura 3.2 – Diagrama de Zipf com as frequências logarítmicas das ocorrências textuais.	59
Figura 4.1 – Dendrograma de classificação hierárquica descendente com quatro classes de palavras.	78
Figura 4.2 – Nuvens das palavras com mais ocorrências em cada classe. ...	79
Figura 4.3 – AFC das palavras que estão agrupadas em cada uma das quatro Classes que emergiram da CHD.	80
Figura 4.4 – AFC dos <i>abstracts</i> que estão agrupados em cada uma das quatro Classes que emergiram da CHD.	81
Figura 4.5 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 1.	82
Figura 4.6 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 2.	83
Figura 4.7 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 3.	84
Figura 4.8 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 4.	85
Figura 4.9 - As oito universidades brasileiras do estudo, distribuídas nas cinco regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul.	97
Figura 4.10 - Gráfico de autovalor para o critério de teste <i>scree</i> (ou <i>elbow</i>), que considera todos os doze parâmetros deste trabalho.	105
Figura 4.11 - Resultados computacionais de dendrogramas para oito universidades brasileiras considerando Z_i padronizado de doze parâmetros medianos, seguindo a Equação (1).	105

Figura 4.12 - Biplot do PC ₁ (relativo a 57,53% dos dados) versus PC ₂ (20,15% dos dados) considerando todos os doze parâmetros e a matriz de correlação.....	107
Figura 4.13 – Dendrograma para as oito universidades brasileiras, considerando a matriz de dissimilaridades (Tabela 4.5).....	115
Figura 4.14 – MDS para as oito universidades brasileiras, considerando valores $Z_{i,p}$ padronizados segundo a Equação (9), da mediana de 76 variáveis e parâmetros.	116
Figura 4.15 - Esquema do modelo de interação de campo de Hélice Tríplice, visto como um mapa multidimensional.....	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Leis e políticas de inovação no Brasil, desde 1990.	38
Quadro 3.1 - Número de artigos incluídos na ATD.	58
Quadro 3.2 – Instituições selecionadas para a pesquisa, cujo critério utilizado foi o número de patentes depositadas no INPI.	63
Quadro 3.3 – Instituições analisadas, o conjunto de dados se mostrou completo para oito instituições listadas, no período de 2008 a 2015.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Mediana dos dados de universidades brasileiras entre 2008 e 2015.	99
Tabela 4.2 - Matriz de correlação de dados padronizados (Z_i) conforme Equação (8).	103
Tabela 4.3 - Percentagens totais e acumuladas e respectivos autovalores de cada eixo considerado.	104
Tabela 4.4 - Valores de autovetores de pesquisadores doutores, projetos de inovação e pedidos de patente em relação aos três eixos PC correspondentes, considerando a matriz de correlação.	105
Tabela 4.5 – Matriz de distâncias euclidianas (dissimilaridades) entre as observações das oito universidades brasileiras.	115
Tabela 4.6 - Medianas das 76 variáveis e parâmetros entre 2008 e 2015... ..	128

LISTA DE SIGLAS

AFC	Análise Fatorial de Correspondência
ANOVA	Análise de Variância
ATD	Análise Textual Discursiva
AUIN	Agência Unesp de Inovação
CAPES	Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CHD	Classificação Hierárquica Descendente
CIERS-Ed	Centro Internacional de Estudos em Representações Sociais e Subjetividade – Educação
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
FACEPE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAPERGS	Fundação de Pesquisa do Rio Grande do Sul
FAPESB	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FCC	Fundação Carlos Chagas
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GII	<i>Global Innovation Index</i> (Índice Global de Inovação)
HC	<i>Hierarchical Clustering</i> (Análise Hierárquica de <i>Clusters</i>)
HT	Hélice Tríplice
ICT	Instituições Científicas e Tecnológicas
IES	Instituições de Ensino Superior
ILO	<i>Industrial Liaison Offices</i>
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
LACCOS	Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDS	<i>Multidimensional Scaling</i> (Escalonamento Multidimensional)
NIT	Núcleo de Inovação Tecnológica

NSI	<i>National System of Innovation</i> (Sistema Nacional de Inovação)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMDS Ordinal)	<i>Ordinal Multidimensional Scaling</i> (Escalonamento Multidimensional Ordinal)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PC	<i>Principal Component</i> (Componentes Principais)
PCA	<i>Principal Component Analysis</i> (Análise de Componentes Principais)
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PIB	Produto Interno Bruto
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
REUNI	Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SEDETEC	Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico
SNCTI	Sistema Nacional Ciência, Tecnologia e Inovação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TTO	<i>Technology Transfer Office</i>
UF	Unidade Federativa
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UnB	Universidade de Brasília
Unesp	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Unicamp	Universidade de Campinas
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Tese.....	28
1.2	Objetivo Geral.....	28
1.3	Objetivos Específicos.....	29
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
2.1	Evolução do Conceito de Inovação Tecnológica	30
2.2	Sistema Nacional de Inovação	35
2.2.1	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil	37
2.3	Hélice Tríplice	40
2.3.1	Hélice Tríplice no Brasil	46
2.3.2	Abordagens Quantitativas da Hélice Tríplice	47
2.4	As Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica.....	50
3	METODOLOGIA	56
3.1	Abordagem Qualitativa	57
3.1.1	Análise Textual Discursiva no <i>Software</i> IRAMUTEQ	59
3.2	Abordagem Quantitativa	62
3.2.1	Primeira Abordagem Quantitativa.....	64
3.2.1.1	Análise de Agrupamentos	66
3.2.1.2	Análise por Componentes Principais	68
3.2.2	Segunda Abordagem Quantitativa	72
3.2.2.1	Análise Hierárquica de <i>Clusters</i>	73
3.2.2.2	Escalonamento Multidimensional.....	75
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1	Hélice Tríplice no Contexto Brasileiro: a Contribuição de Universidades na Inovação Tecnológica	77
4.1.1	Resultados da Abordagem Qualitativa.....	77
4.1.2	Discussão dos Resultados da Abordagem Qualitativa	86
4.2	Uma Análise Exploratória das Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica	96
4.2.1	Resultados da Primeira Abordagem Quantitativa	96
4.2.1.1	Apresentação dos Dados	96

4.2.1.2	Resultados da Análise de HC e PCA	102
4.2.2	Discussão dos Resultados da Primeira Abordagem Quantitativa	110
4.2.2.1	A Similaridade Entre Universidades Brasileiras	110
4.2.2.2	A Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras.....	112
4.3	Explorando a Sinergia da Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras por Meio da Análise Exploratória Multivariada	114
4.3.1	Resultados da Segunda Abordagem Quantitativa	114
4.3.2	Discussão dos Resultados da Segunda Abordagem Quantitativa	118
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS....	134
5.1	Considerações Finais Referentes à Abordagem Qualitativa.....	134
5.2	Considerações Finais Referentes à Primeira Abordagem Quantitativa	135
5.3	Considerações Finais Referentes à Segunda Abordagem Quantitativa	137
5.4	Conclusões	139
5.5	Sugestões de Trabalhos Futuros	142
	REFERÊNCIAS	144
	APENDICE A.....	158
	APENDICE B.....	159
	APENDICE C.....	160

1 INTRODUÇÃO

Dado o crescente incentivo à inovação tecnológica na economia moderna e o maior envolvimento das universidades no processo, justificam-se estudos que contribuam para melhor compreensão do tema. Eveleens (2010) destacou a tendência ascendente do surgimento de modelos que buscam descrever o processo de inovação tecnológica, suas implicações e padrões. A abordagem por meio da análise multivariada exploratória vem recebendo destaque na literatura sobre o tema em trabalhos como os de Coccia (2005), Hardeman *et al.* (2013), Loi e Di Guardio (2015), Zhao *et al.* (2015), Jovanović *et al.* (2019), Alnafrah e Zeno (2020), Li *et al.* (2020), Navas *et al.* (2020) e De La Torre *et al.* (2021). Nos parágrafos a seguir estão algumas considerações sobre os estudos dos autores citados e suas ligações com o tema desta pesquisa.

Para agrupar e classificar os Sistemas Nacionais de Inovação (NSI, sigla derivada do termo em inglês: *National System of Innovation*), Alnafrah e Zeno (2020) usaram *machine learning classification*¹ e análise de componentes principais (PCA, sigla derivada do termo em inglês: *Principal Component Analysis*). Esse estudo incluiu 36 indicadores de 54 países, que foram divididos em seis (6) *clusters*, representando as diferentes dimensões do NSI. Para analisar o discurso da política europeia de pesquisa e inovação, Hardeman *et al.* (2013) desenvolveram uma estrutura para a análise de 40 sistemas nacionais de pesquisa usando PCA a fim de agregar quatro (4) variáveis em um (1) indicador composto. Na Itália, Coccia (2005) utilizou a análise PCA para identificar as principais tipologias que operam no NSI, sendo que o autor utilizou dez (10) variáveis para analisar os órgãos públicos de pesquisa do Conselho Nacional de Pesquisa da Itália. Esses três trabalhos estão focados em NSI e não nas relações entre os atores da inovação tecnológica, como faz a teoria da Hélice Tríplice (HT).

A HT traduz as interações entre a academia (universidades e demais institutos de pesquisa), indústria (empresas) e governo, destacando o papel da universidade na

¹ *Machine learning* é um conjunto de métodos de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. É um ramo da inteligência artificial baseado na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana (ALNAFRAH e ZENO, 2020).

transição da sociedade industrial para a sociedade baseada no conhecimento (CAI e ETZKOWITZ, 2020). No contexto de crescente demanda por conhecimento para apoiar a inovação tecnológica, as relações de HT entre indústria, academia e governo são modos de colaboração vistos como importantes redes de conhecimento interorganizacional (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

As universidades, ao criarem vínculos interorganizacionais, têm maior mobilidade de conhecimento em termos de sua capacidade de estabelecer relações colaborativas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (PETRUZZELLI *et al.*, 2010). Esses podem promover a criação de parcerias para alavancar o desenvolvimento conjunto de novas tecnologias e soluções inovadoras para produtos, serviços e processos, trazendo benefícios para a academia, indústria e governo (PHILPOTT *et al.*, 2011; PERKMANN *et al.*, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

O impacto positivo da pesquisa realizada nas universidades sobre a produtividade industrial e a inovação tecnológica em diferentes setores e em diferentes países tem sido amplamente demonstrado ao longo do tempo (CARAYANNIS *et al.*, 2014; ROMANO *et al.*, 2014; SYDOW *et al.*, 2016; SÁ *et al.*, 2018; OLIVA *et al.*, 2019; DOOLEY e GUBBINS, 2019; JOHNSTON, 2020). Esses estudos nasceram da consciência da difusão de um modelo acadêmico, não só orientado para a criação e propagação do conhecimento, mas para a promoção de uma cultura empreendedora; aproveitamento de oportunidades de inovação e desenvolvimento; fortalecimento dos laços com indústrias, governo e outras organizações locais; apoio aos novos negócios; exploração dos resultados da investigação científica; e o crescimento do território em que atua (DEL GIUDICE *et al.*, 2012).

Cai e Etzkowitz (2020) destacaram que há pouca investigação tentando construir sinergias entre essas comunidades para o avanço do modelo da HT sob diferentes pontos de vista, haja vista que a dinâmica de inovação tecnológica está atrelada a processos sistêmicos de geração e transferência do conhecimento. Dado o crescente incentivo à inovação tecnológica e considerando o maior envolvimento das universidades com o processo, justifica-se a realização de estudos que contribuam para melhor compreensão do mote, em diferentes países.

No Brasil, é senso comum que ainda existe lacuna entre ciência e inovação tecnológica (DALMARCO *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2018; DALMARCO *et al.*, 2019; FISCHER *et al.*, 2019). Nos últimos anos, o Brasil tem se destacado como gerador de conhecimento científico (CROSS *et al.*, 2017). Entretanto, esse conhecimento se reflete apenas modestamente na inovação do país. Diante das dificuldades crescentes associadas à produção de riquezas a partir de *commodities* e produtos de baixa tecnologia, os empreendimentos inovadores despontaram como valiosa alternativa para o desenvolvimento econômico e social do país.

Esta pesquisa, portanto, lança luz sobre as contribuições de universidades públicas brasileiras para a inovação tecnológica, ao tempo que entende que essas instituições não atuam isoladamente, mas fazem parte de um ecossistema que envolve indústria e governo, conforme o modelo da HT (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017; CAI e ETZKOWITZ, 2020).

Nesse sentido, esta pesquisa decorre da necessidade de compreender a atuação de universidades públicas brasileiras enquanto atores do processo de inovação tecnológica. Justifica-se isso em razão da relevância das universidades no contexto da HT, atentando que, no Brasil, essas instituições concentram a maior parte da infraestrutura de P&D (CROSS *et al.*, 2017; MARQUES *et al.*, 2019), e, conseqüentemente, são as principais responsáveis pelos depósitos de patentes, quando consideradas apenas as instituições nacionais (CROSS *et al.*, 2017). Diante disso, surgiu a pergunta de pesquisa: no caso brasileiro, é possível utilizar a linguagem matemática e estatística para retratar as interações entre academia, governo e indústria, conforme enunciada pela teoria da Hélice Tríplice?

O presente trabalho foi realizado na forma de uma investigação aplicada, a qual percebeu-se a necessidade de visualizar a HT no Brasil para, então, entender a contribuição das universidades à inovação tecnológica. Assim, para obter maior familiaridade com a temática em estudo, utilizou-se, inicialmente, a abordagem predominantemente qualitativa através da Análise Textual Discursiva (ATD). O *software* IRAMUTEQ foi utilizado para analisar os *abstracts* (resumos em inglês) de 48 textos, entre artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de

livros indexados nas bases *Scopus*² e *Web of Science*³, que tratam da atuação das universidades brasileiras na inovação tecnológica, conforme defende o modelo da HT, abarcando o período de 1999 a 2021.

Tal abordagem remonta ao estudo do emprego do número de palavras em cada sentença nos artigos de “O Federalista” (“*The Federalist*”), escritos anonimamente por alguns dos fundadores dos Estados Unidos, entre 1787 e 1788. Os estatísticos americanos Charles Frederick Mosteller (1916 - 2006) e David Lee Wallace (1928 - 2017) examinaram tais textos, que foram atribuídos aos políticos americanos John Jay (1745 - 1829), Alexander Hamilton (1755 - 1804) e James Madison Jr. (1751 - 1836), e realizam inferências a respeito da autoria dos referidos artigos (MOSTELLER e WALLACE, 1963).

Em tempos recentes, outros trabalhos já procederam métodos semelhantes, e com temas diversos, a exemplo de Comunello *et al.* (2020), que analisaram 78 *abstracts* de publicações com contribuições teóricas, metodológicas, críticas e aplicadas que tratam da variedade de usos da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC); e Mourão e Retamiro (2021), que consideraram 78 *abstracts* de publicações sobre Bancos de Desenvolvimento Comunitário. No entanto, com base nos resultados do presente trabalho, notou-se que esta é a primeira pesquisa que estuda a contribuição de universidades à inovação tecnológica empregando o modelo da HT, utilizando o *software* IRAMUTEQ para a ATD, e ainda pode-se acrescentar, no contexto brasileiro.

Em seguida, a abordagem foi predominantemente quantitativa, pois, foram utilizadas ferramentas matemáticas e estatísticas. Para a primeira abordagem quantitativa, foram utilizadas as técnicas exploratórias multivariadas do tipo análise hierárquica de *clusters* (HC, sigla derivada do termo em inglês: *Hierarchical Clustering*) e PCA para desenvolver um diagnóstico do comportamento dos dados em análise e obter informações sobre o fenômeno observado. Aquelas são ferramentas estatísticas para simplificar bancos de dados complexos (HAIR *et al.*, 2019),

² *Scopus* é a maior base de dados de resumos e artigos científicos revisados por pares, com ferramentas bibliométricas para acompanhar, analisar e visualizar a pesquisa. Ela abrange as áreas de Ciências, Tecnologia, Medicina, Ciências Sociais e Artes e Humanidades (CAPES, 2019).

³ *Web of Science* é a base de dados multidisciplinar da empresa Clarivate que congrega artigos de periódicos científicos publicadas no mundo, além de trabalhos publicados em anais de eventos científicos. A Coleção Principal da *Web of Science* inclui as áreas de Ciências (1900-presente), Ciências Sociais (1900-presente) e Artes & Humanidades (1975-presente) (WEB OF SCIENCE, 2019).

permitindo, assim, a caracterização de seu comportamento dinâmico subjacente como mapas visuais.

As análises PCA e HC são métodos não supervisionados de reconhecimento de padrões usados quando se tem grande quantidade de dados. No entanto, esse excesso de dados acaba dificultando o tratamento (processamento e armazenamento). Quando esses métodos são usados em combinação, a principal vantagem é a eliminação da maior parte do ruído experimental (HAIR *et al.*, 2019). Isso é possível porque os ruídos constituem uma população de erros aleatórios, ou seja, não estão correlacionados com as informações contidas na matriz original dos dados. Dessa forma, há o fornecimento de um conjunto de dados com informações relevantes, isto é, apenas dados úteis para análise.

Para esta tarefa, considerou-se o período de 2008 e 2015 e procedeu-se a análise dos dados de doze (12) variáveis universitárias: o número de grupos de pesquisa; pesquisadores; pesquisadores com doutorado; corpo docente; corpo docente com doutorado; projetos de inovação em colaboração; artigos publicados; patentes depositadas; patentes concedidas; contratos de transferência de tecnologia; dinheiro gerado pela transferência de tecnologia; e financiamento. Essa abordagem também é nova para as universidades no Brasil, contudo pode ser utilizada nos outros países para analisar as interações de quaisquer atores no âmbito da HT.

Continuando com a aplicação da metodologia, para a segunda abordagem quantitativa foram utilizadas as técnicas multivariadas e exploratórias de HC e escalonamento multidimensional (MDS, sigla derivada do termo em inglês: *Multidimensional Scaling*), visando caracterizar o comportamento dinâmico de parâmetros universitários relevantes para a inovação tecnológica no contexto da HT. A escolha dessas técnicas estatísticas deveu-se à sua eficácia na simplificação de bases de dados complexos, permitindo assim a caracterização do seu comportamento dinâmico subjacente. A HC reúne as chamadas observações semelhantes e o MDS consente a representação espacial das posições relativas de cada observação de forma bidimensional (HAIR *et al.*, 2019; FÁVERO e BELFIORE, 2020). Foram consideradas as medianas de 76 variáveis quantitativas (ou parâmetros), apresentadas na Tabela 4.6, mantendo-se o recorte de tempo entre os anos de 2008 e 2015.

Nas duas (2) análises da abordagem quantitativa, oito (8) universidades brasileiras foram incluídas no estudo: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp); Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Universidade Federal de Viçosa (UFV); Universidade Federal do Paraná (UFPR); Universidade Federal da Bahia (UFBA); Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Tais universidades são de três (3) importantes regiões brasileiras: quatro (4) do Sudeste (Unesp, Unicamp, UFV e UFSCar), duas (2) do Sul (UFRGS e UFPR) e duas (2) do Nordeste (UFBA e UFPE). Não foi possível coletar dados de outras instituições e regiões brasileiras por absoluta falta de dados.

Apenas para comparação, Loi e Di Guardio (2015), Zhao *et al.* (2015) e De La Torre *et al.* (2021) usaram HC ou MDS em seus estudos. Loi e Di Guardio (2015) analisaram 75 universidades italianas para uma classificação predominantemente qualitativa e encontraram quatro (4) *clusters* com base nas frequências de palavras-chave computadas. Utilizando análise qualitativa de conteúdo, o estudo apresenta algumas das fragilidades que costumam caracterizar esse tipo de pesquisa, principalmente no que diz respeito a interpretações subjetivas ou replicações improváveis.

Zhao *et al.* (2015) consideraram oito (8) dimensões (ou variáveis) para classificações regionais de universidades, empresas e centros de pesquisa na China, encontrando seis (6) *clusters* de colaboração inovativa regional. Os autores utilizaram o escalonamento multidimensional ordinal (OMDS, sigla derivada do termo em inglês: *Ordinal Multidimensional Scaling*), porém a interpretação nesse método é baseada na inspeção visual e trabalha com projeções de soluções em subespaços bidimensionais. Deve-se notar que estes mapas bidimensionais não são fáceis de se interpretar, pois, os pontos são posicionados no mapa por meio de projeções; portanto, dois (2) pontos que parecem estar fisicamente próximos um do outro numa representação bidimensional podem não estar, necessariamente, próximos entre si no espaço transformado. Assim, para avaliar a real proximidade entre dois (2) pontos no espaço os autores utilizaram a HC.

De La Torre *et al.* (2021) aplicaram HC e MDS. No entanto, o foco dos autores baseou-se no envolvimento de organizações públicas de pesquisa e na transferência de conhecimento. Outras análises se propuseram a estudar inovação tecnológica e

utilizaram outras ferramentas matemáticas e estatísticas, diferentes das utilizadas no presente trabalho. Pode-se citar como exemplos as publicações de Jovanović *et al.* (2019), Li *et al.* (2020) e Navas *et al.* (2020).

Particularmente, Jovanović *et al.* (2019) aplicaram o método multivariado denominado *Composite I-distance*⁴, em duas (2) etapas, com base em um conjunto objetivo de 20 indicadores, para classificar 32 países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de acordo com seu desenvolvimento socioeconômico. Em tal trabalho foi apresentada uma abordagem para medir o desempenho da gestão de HT e mensurar as atividades relacionadas a um aspecto da atividade de P&D.

Na Ásia, Li *et al.* (2020) elaboraram questionário usando a escala Likert de cinco (5) pontos e empregaram dados proprietários de pesquisa coletados de empresas industriais, universidades e agências governamentais para examinar a influência do sistema de colaboração da HT no empreendedorismo regional em cinco (5) regiões da China. Por fim, aplicaram a análise fatorial confirmatória para avaliar a validade convergente das observações. O problema disso, segundo Fávero e Belfiore (2019), é o uso equivocado de parâmetros estatísticos no emprego da escala Likert como insumo para análises quantitativas, o que deve ser evitado.

Navas *et al.* (2020) promoveram um estudo quantitativo usando a abordagem *Cross-Efficiency Data Envelopment Analysis* (DEA)⁵ para avaliar a eficiência das Instituições de Ensino Superior (IES) colombianas e perceberam dois (2) perfis diferentes: enquanto algumas IES são eficientes em termos de ensino ou emprego, outras em termos de pesquisa. Os modelos DEA são altamente sensíveis à seleção de entradas e saídas, e seu poder de discriminar a eficiência diminui à medida que mais dados são incluídos. Sendo assim, torna-se difícil usar modelos DEA para grandes bancos de dados, como o usado na presente pesquisa.

Apesar dos trabalhos citados, ainda é perceptível a identificação do modelo mais adequado para cada situação em estágio incipiente (JOVANOVIĆ *et al.*, 2019).

⁴ O *Composite I-distance* (CIDI) foi criado na década de 1970 para classificar os países de acordo com seu desenvolvimento socioeconômico, partindo de um conjunto de indicadores. Jovanović *et al.* (2019) defendem o método multivariado *I-distance*, em duas etapas, como a abordagem apropriada para a agregação de indicadores individuais em uma medida composta.

⁵ *Data Envelopment Analysis* (DEA) é uma técnica de análise de dados, onde os próprios elementos em análise servem como parâmetro de eficiência. Navas *et al.* (2020) recomendam o conceito de *Cross-Efficiency* para realizar uma avaliação por pares de eficiência em vez da autoavaliação como é feito no DEA convencional.

Em outras palavras, há a necessidade de se encontrar novos quadros de análise para explicar como as inovações tecnológicas surgem e se difundem e como influenciam o desempenho socioeconômico geral. Resumidamente, ainda é difícil observar relações quantitativas entre as hélices academia, indústria e governo.

O procedimento adotado nesta tese é diferente dos trabalhos anteriores. A abordagem quali-quantitativa permitiu visualizar a HT em termos de suas hélices, considerando a aplicação de diversificadas técnicas estatísticas de frequência de palavras na ATD e, também, das análises multivariadas exploratórias. Note-se, ainda, que, diferentemente dos demais trabalhos que optaram por uma ou outra análise quantitativa individualmente, utilizou-se duas (2) análises multivariadas de forma combinada (inicialmente, PCA e HC e, em seguida, HC e MDS) para melhor visualizar as características de universidades individuais em um conjunto de dados multidimensional, mas também lida com as interações dessas universidades com a indústria e o governo, à luz da teoria da HT. Além de aumentar a segurança dos resultados, isso pode ser considerado como contribuição metodológica à literatura anterior, visto ambas as visões integradoras ao modelo da HT, conforme descrito a seguir.

1.1 Tese

Dada a natureza deste trabalho de pesquisa, decorre do exposto ser a tese enunciada de que a teoria da Hélice Tríplice é uma alternativa para compreensão das diversas e complexas interações entre academia, governo e indústria, atuando no processo da inovação tecnológica. No caso brasileiro, é possível utilizar as linguagens matemática e estatística para retratá-las, assim como valer-se de dados disponíveis de universidades públicas para determinar as variáveis e parâmetros suficientes para tal entendimento.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa foi retratar a Hélice Tríplice por meio de técnicas matemáticas e estatísticas aplicadas a dados de universidades

públicas brasileiras e compreender a contribuição dessas instituições para o processo de inovação tecnológica.

1.3 Objetivos Específicos

Para viabilizar a consecução do objetivo geral, os específicos deste trabalho de pesquisa foram os seguintes:

- Caracterizar a Hélice Tríplice no contexto brasileiro, a partir de publicações científicas dedicadas à temática, utilizando-se da Análise Textual Discursiva;
- Estabelecer relações quantitativas entre variáveis e parâmetros, a partir de técnicas matemáticas e estatísticas, com o fito de obter um retrato da Hélice Tríplice, no caso brasileiro, utilizando dados disponíveis de universidades públicas;
- Determinar o conjunto de variáveis e parâmetros quantitativos mais influente no processo de inovação tecnológica, em consonância com a teoria da Hélice Tríplice;
- Compreender a contribuição de universidades públicas brasileiras à inovação tecnológica;
- Comparar os resultados alcançados com análises qualitativas e/ou quantitativas disponíveis na literatura da Hélice Tríplice.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução do Conceito de Inovação Tecnológica

O termo *tekhnología* provem de duas antigas palavras gregas: *τέχνη* (*tékhnē*, “arte”, “habilidade”, “arte”) e *λογία* (*logía*, “estudo”), e está relacionada às primeiras formas de tecer ou fabricar coisas como roupas, que ainda é reconhecido como um dos primeiros e mais habilidosos processos da humanidade. O conhecimento se consolidou como fator intangível que determina o crescimento econômico e, assim, é possível observar o surgimento de novos conceitos de conhecimento e sua disseminação por meio da inovação tecnológica (PRAHALAD e HAMEL, 1990; NONAKA e TAKEUCHI, 1995; ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; PRUSAK, 1997).

A inovação tecnológica possui várias definições. Entretanto, todas comungam do entendimento de considerá-la como sinônimo de mudança e de exploração de novas ideias no âmbito da produção de bens e serviços. A amplitude do tema foi ratificada pelo economista e cientista político austríaco Joseph Alois Schumpeter (1883 – 1950), ao afirmar que produzir inovação consiste em: “combinar materiais e forças que estão ao nosso alcance; isso significa produzir outras coisas ou produzir as mesmas coisas com métodos diferentes” (SCHUMPETER, 1982, p. 48).

Para Schumpeter (1982), a inovação tecnológica engloba cinco possíveis formas de mudança, sendo elas: a introdução de um produto novo ou mudança em um produto existente; a adoção de novo processo; o desenvolvimento de novo mercado, não explorado anteriormente; a conquista de nova fonte de suprimentos, independente se essa já existia ou se foi criada; e a reestruturação dos métodos da organização. O autor associou a inovação com tudo aquilo que diferencia e cria valor a um negócio, sem concatenar, necessariamente, ao conhecimento científico.

Na conceituação de inovação tecnológica, algumas distinções se fazem necessárias, segundo o economista brasileiro Paulo Bastos Tigre (c. 1953) (TIGRE, 2006, p. 72): tecnologia “[...] pode ser definida como conhecimento sobre técnicas”, enquanto as técnicas “[...] envolvem aplicações desse conhecimento em produtos, processos e métodos organizacionais”; invenção “[...] se refere à criação de um

processo, técnica ou produto inédito”; já a inovação “[...] ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção”.

Nesse sentido, Schumpeter (1982) já enfatizava que inovação tecnológica não é sinônimo de invenção, pois uma invenção consiste em novos produtos ou novas formas de produção com potencial para exploração econômica. Sendo assim, a inovação ocorre quando passa a ser explorada economicamente. Nessa mesma linha, para Reis (2008, p. 41), invenção é: “[...] uma ideia, um esboço ou um modelo para um dispositivo, produto, processo ou sistema novo ou aperfeiçoado”.

Para fins de classificação, os economistas Christopher Freeman (1921 – 2010, inglês) e Luc Soete (n. 1950, belga) (FREEMAN e SOETE, 2008) definiram quatro categorias de inovação. Dentre essas, o nível mais elementar, gradual e contínuo é o das inovações incrementais, que representam melhoramentos e modificações feitas no *design* ou na qualidade dos produtos e serviços, aperfeiçoamento de processos organizacionais ou de logística interna e externa, novas práticas de compra e venda, entre outros comumente resultantes do aprendizado e da capacitação. A inovação tecnológica é considerada por eles, enquanto radical, quando rompe com a estrutura existente, traçando nova rota tecnológica, e caracteriza-se pela descontinuidade no tempo, trazendo salto na produtividade e na tecnologia de produtos, processos e serviços.

Nessa sequência, as mudanças no sistema tecnológico são aquelas inovações capazes de afetar mais de um setor, dando origem a novas atividades econômicas, normalmente acompanhadas de alterações no ambiente interno da organização e em suas relações no ambiente externo, sendo o surgimento do comércio pela *internet* o exemplo clássico deste tipo de inovação. Finalmente, existe a criação de novo paradigma tecnoeconômico, que envolve mudanças não apenas na tecnologia como também no âmbito social e macroeconômico, no qual as inovações estão inseridas (FREEMAN e SOETE, 2008).

Vale ressaltar que Freeman e Soete (2008) se apoiam no modelo chamado de *destruição criadora* de Schumpeter (1982), cujo a inovação tecnológica se dá em forma de ciclos, que envolvem períodos de recuperação e prosperidade, seguido de recessão e depressão ou substituição por um novo ciclo com a mesma sequência de períodos. Nos momentos de prosperidade, as organizações estão desenvolvendo as tecnologias existentes e, conseqüentemente, as inovações surgem, ocasionalmente,

da busca por inovações incrementais na diferenciação de produtos e serviços. Na recessão, as organizações não teriam alternativas a não ser buscar algo completamente novo, uma vez que a saturação elevou os custos e o investimento já não é atrativo devido à falta de perspectiva de retorno. Assim, ideias que previamente pareciam impossíveis ou não valiosas passam a ser exploradas e, dessa forma, geram inovações radicais, que poderão levar a mudanças no sistema tecnológico e/ou criação de novo paradigma tecnoeconômico.

Pode-se observar que a proposta de Freeman e Soete (2008) não prevê classificação rigorosa e excludente; ao contrário, uma inovação pode pertencer a mais de um dos grupos supracitados, de modo que eles destacam, por exemplo, que a mudança de paradigma abrange aglomerados de inovações radicais e incrementais.

Na contribuição do entendimento sobre inovação, a OCDE possui uma série de manuais metodológicos que ficaram conhecidos como Frascati, desenvolvidos na referida cidade italiana em 1963. Além do Manual de Oslo, que apresenta as diretrizes para a coleta e a interpretação de dados relacionados às inovações tecnológicas, existem o citado Manual Frascati, que propõe metodologia para levantamentos sobre P&D experimental, o Manual de Balanço de Pagamentos Tecnológicos, que sugere um método padrão para a coleta e interpretação de dados sobre o balanço de pagamentos tecnológico de um país, o Manual de Patentes, cujo objetivo é prover metodologia para a medição de dados relacionados a patentes em ciência e tecnologia, e o Manual de Canberra, que tem o intuito de estabelecer diretrizes para a medição e análise dos recursos humanos dedicados a Ciência e Tecnologia (OCDE, 2005; 2018).

A primeira edição do Manual de Oslo foi publicada em 1992 e surgiu da necessidade de padronizar internacionalmente as metodologias de pesquisa de inovação nas empresas. O uso dos resultados das pesquisas oriundas desse Manual, aliado à maior conscientização quanto ao papel governamental, demonstrou a necessidade de sua ampliação e revisão. A segunda edição foi, então, publicada em 1997, entretanto, somente em 2004 foi traduzida para o português e divulgada em meio eletrônico, sob a responsabilidade da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (OCDE, 2005).

A terceira versão, publicada em português em 2005, expande a estrutura de mensuração da inovação tecnológica em três sentidos. Primeiro, há maior ênfase no

papel das interações com outras empresas e instituições no processo de inovação, revelando preocupação com as interrelações das empresas com outros agentes da Hélice Tríplice. Além disso, a importância da inovação foi reconhecida em organizações menos intensivas em P&D, como os serviços e a indústria de transformação de baixa tecnologia. Por fim, ampliou-se a definição de inovação tecnológica para incluir dois outros tipos: inovação organizacional e inovação de *marketing*. Um anexo com diretrizes para as pesquisas de inovação em países fora da OCDE também foi adicionado (OCDE, 2005).

Na terceira edição o Manual reconhecia quatro tipos de inovação tecnológica (OCDE, 2005, p. 57): inovação de produto, que é a “[...] introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos”. Inovação de processo, que é a “[...] implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou *softwares*”. Inovação de *marketing*, que consiste na “[...] implementação de um novo método de *marketing* com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no seu posicionamento, em sua promoção ou na fixação de preços”. E inovação organizacional, que se refere a “[...] implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas”.

A quarta edição foi publicada em 2018 e trouxe algumas mudanças conceituais, definindo inovação como:

[...] produto ou processo novo ou aprimorado (ou uma combinação dos mesmos) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizado para usuários em potencial (produto) ou utilizado pela unidade (processo) (OCDE, 2018, p. 20).

A primeira mudança foi a introdução do termo genérico “unidade” para descrever o ator responsável pelas inovações. Refere-se, portanto, a qualquer unidade institucional em qualquer setor, incluindo famílias e seus membros. A segunda foi a tentativa de reduzir a ambiguidade do requisito para uma mudança “significativa”, comparando inovações novas e aprimoradas aos produtos ou processos de negócios existentes da unidade em questão OCDE (2018).

Com o intuito de diminuir a complexidade conceitual, a OCDE (2018, p. 20), na quarta edição do Manual de Oslo, reduziu para dois os tipos de inovação tecnológica: que trata de “[...] um bem ou serviço novo ou aprimorado que difere significativamente

dos bens ou serviços anteriores da empresa e que foi introduzido no mercado” e inovação de processos de negócio que consiste em:

[...] processo de negócios novo ou aprimorado para uma ou mais funções de negócios que diferem significativamente dos processos de negócios anteriores da empresa e que está em uso pela empresa (OCDE, 2018, p. 20).

A alteração conceitual proposta pelo Manual de Oslo (OCDE, 2018), no que tange aos processos de negócio, engloba a literatura recente sobre Gerenciamento de Processos de Negócio (*Business Process Management*) e trata da inovação tecnológica nos processos primários de produzir e entregar produtos e nos processos de gerenciamento e suporte utilizados para medir, monitorar, controlar atividades e administrar o presente e o futuro do negócio (ABPMP, 2013).

Com base na noção conceitual de inovação dada pelo Manual de Oslo, foi criado o Índice Global de Inovação (GII, sigla derivada do termo em inglês: *Global Innovation Index*), que é um *ranking* publicado anualmente para medir a capacidade e sucesso em inovação por país. Atualmente o GII é uma publicação da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO, sigla derivada do termo em inglês: *World Intellectual Property Organization*), em parceria com o Instituto Portulans, a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a Confederação da Indústria Indiana, a Ecopetro e a Assembleia de Exportadores Turcos, contando com o apoio do Conselho Consultivo do GII e de sua Rede Acadêmica.

O GII é formado pela média de cinco pilares (instituições, capital humano e pesquisa, infraestrutura, sofisticação de mercado e sofisticação empresarial), do subíndice insumos de inovação e dos dois pilares (produtos de conhecimento e tecnologia, e produtos criativos) e do subíndice produtos de inovação, totalizando 81 indicadores. O resultado da avaliação dos indicadores é a pontuação entre zero e 100, que pode ser utilizada para entender a eficiência do ambiente de inovação de um país em relação aos demais.

No Brasil, à medida que os estudos avançaram, novas abordagens surgiram, descrevendo também inovações sociais e as inovações no setor público. Sendo assim, a Lei nº. 13.243/2016 define inovação como (BRASIL, 2016, p. 1):

[...] introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho.

Sob o ponto de vista desses conceitos é importante ressaltar que a inovação tecnológica é um meio para um fim. Por definição, a inovação tecnológica é um processo. Importante trabalho que trata da inovação enquanto processo foi publicado em 1974 pelo economista norte-americano Nathan Rosenberg (1927-2015). O autor retratou como um conjunto de atividades vinculadas entre si por meio de complexos ciclos de *feedback* (modelo em cadeia). A inovação foi vista como um processo de tentativa e erro, resultado de interações coletivas, dentro de um conjunto de conexões entre pessoas e instituições, que evoluem com o tempo (ROSENBERG, 1974; KLINE e ROSENBERG, 1986).

Sendo assim, a inovação tecnológica é um processo dinâmico e interativo, em que pessoas, unidades, grupos, organizações ou nações influenciam uns aos outros em nível setorial, regional e nacional para criar conhecimentos essenciais para serem mais produtivos e eficientes (BALLE *et al.*, 2019; ALNAFRAH e ZENO, 2020; JOHNSTON, 2020; LI *et al.*, 2020; BASSO *et al.*, 2021). Longe de refletir qualquer tipo de automaticidade, sua realização envolve investimentos e esforços deliberados na construção de capacidades tecnológicas (SÁ *et al.*, 2018; DOOLEY e GUBBINS, 2019; OLIVA *et al.*, 2019; JOHNSTON, 2020). A definição ainda está em construção, devido a novos procedimentos engenhosos promovidos tanto pela academia quanto pela indústria, mas não limitados por eles. Nas seções a seguir estão apresentadas algumas das principais abordagens teóricas que contribuem para o entendimento da inovação tecnológica enquanto processo.

2.2 Sistema Nacional de Inovação

O conceito de NSI, desenvolvido, paralelamente, em diferentes locais na Europa e nos Estados Unidos da América (EUA) na década de 1980, tornou-se mais amplamente difundido a partir da publicação do trabalho de Freeman (1987) seguido por Lundvall (1992), Nelson (1993) e Edquist (1997). O crescimento do interesse nas conexões que levam à produção de conhecimento e a importância dada à interação entre diferentes instituições no processo de inovação foram as bases da nova estrutura conceitual proposta pelos autores citados. Nessa perspectiva, as universidades não apenas produzem novos conhecimentos, mas o fazem com motivação social e econômica.

Nas considerações sobre o Japão, Freeman (1987) definiu NSI como conjunto de instituições, atores e mecanismos em um país, que contribui para a criação, avanço e difusão das inovações. Destacam-se entre essas instituições, atores e mecanismos: os institutos de pesquisa, o sistema educacional, as empresas e seus laboratórios de P&D, as agências governamentais, a estrutura do sistema financeiro, as leis de propriedade intelectual e as universidades. Naquela época, o livro publicado pelo autor trouxe profunda compreensão dos processos de inovação, partindo da visão histórica e da importância da colaboração.

O trabalho do economista sueco Bengt-Åke Lundvall (*n.* 1941) (LUNDVALL, 1992) propôs, principalmente, investigar o conceito e o desenvolvimento da estrutura de análise dos sistemas de inovação. O autor percebeu que a organização desses sistemas é influenciada por fatores econômicos, políticos e culturais. Assim, as estruturas de produção e as diretrizes institucionais são dimensões importantes para definir o NSI. Por fim, o autor concluiu que essas dimensões são os fatores que ajudam a determinar a escala, a direção e o sucesso das atividades de inovação.

Lundvall (1992) trouxe a definição mais elucidativa de NSI. Em seu trabalho, o autor abarcou todos os aspectos das estruturas institucionais que influenciam a aprendizagem, o acúmulo de conhecimento e a busca pela inovação tecnológica. Incluindo não apenas as organizações diretamente envolvidas no processo de inovação, mas, todas as partes e aspectos da estrutura econômica e institucional que afetam o conhecimento.

O economista americano Richard Robinson Nelson (*n.* 1930) (NELSON, 1993), por sua vez, fez um estudo comparativo de Sistemas Nacionais de Inovação de 15 países, concluindo que eles diferem significativamente de nação para nação, dependendo de sua estrutura econômica, suas bases de conhecimentos e suas instituições específicas. Nessa linha, Albuquerque (1996, p. 57) ressaltou que o NSI seria: “[...] uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente ou de um somatório de decisões não planejadas e desarticuladas que impulsiona o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas”.

Cabe ressaltar que, como agentes no processo de inovação de um NSI, é necessário que as empresas inovadoras pertençam, de fato, ao sistema no qual se inserem. O que significa que o ideal é que essas sejam de capital e constituição nacionais. Não basta que produzam no território nacional ou para o seu mercado, é

necessária efetiva contribuição para o desenvolvimento local. Logo, as subsidiárias de empresas estrangeiras, que pertencem a outros sistemas de inovação, possuem pouca utilidade para uma estratégia de desenvolvimento tecnológico nacional coerente, uma vez que parte dos resultados desse sistema é remetida a outros países (FREEMAN e SOETE, 2008).

2.2.1 Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil

No Brasil, somente em 2015, três décadas depois do desenvolvimento do conceito de SNI, a Emenda Constitucional 85/2015 (BRASIL, 2015, p. 1) estabeleceu o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) que, em teoria, organiza-se “[...] em regime de colaboração entre entes, tanto públicos quanto privados, com vistas a promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação”.

O SNCTI é fruto de ações do governo e da sociedade, que continua o influenciado. Entre as principais ações do governo, podem ser citadas as leis e as criação de políticas de estímulo à inovação tecnológica listadas no Quadro 2.1. Observe-se que nesse Quadro estão elencadas apenas as ações das três últimas décadas. O recorte temporal se justifica porque o Estado brasileiro intensificou, no período, esforços na consolidação do SNCTI, com o objetivo de ampliar o apoio e a promoção das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no país. É importante citar também os ecossistemas de inovação⁶, constituídos, entre outras formas, como parques científicos e tecnológicos e incubadoras de empresas e idealizados por outros atores, a exemplo de universidades e empresas (privadas ou públicas).

Os principais atores do SNCTI estão apresentados na Figura 2.1, abaixo. No primeiro nível estão os atores políticos (as entidades do poder público: executivo e legislativo; e a sociedade: empresas e academia), responsáveis pelas diretrizes de funcionamento e pelo financiamento do sistema. No segundo nível encontram-se as agências de fomento, encarregadas por concretizar as diretrizes acordadas no primeiro nível, cabendo-lhes a execução de programas e projetos que serão

⁶ Ecossistemas de inovação são ambientes que promovem articulações entre diferentes atores que enxergam a inovação como força motriz para o desenvolvimento social e econômico (MCTIC, 2016).

implementados pelas entidades do nível a seguir. Por fim, no terceiro nível localizam-se os operadores de CT&I, incumbidos de realizarem a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) do SNCTI. Nessas entidades que as inovações são geradas, de fato (MCTIC, 2016).

Quadro 2.1 - Leis e políticas de inovação no Brasil, desde 1990.

Ano	Instrumento
1990	Lei nº 8.010/1990, que dispõe sobre importações de bens destinados à pesquisa científica e tecnológica.
1994	Lei nº 8.958/1994, que dispõe sobre as relações entre as instituições federais de ensino superior e de pesquisa científica e tecnológica e as fundações de apoio.
1996	Lei nº 9.279/1996, conhecida como Lei da Propriedade Industrial, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.
1997	Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, que promovem financiamento para CT&I.
2002	Fundo Verde e Amarelo, que financia projetos no âmbito da inovação tecnológica.
2003	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE).
2004	Planejamento Estratégico em Ciência, Tecnologia e Inovação (2004 a 2007).
2004	Lei nº 10.973/2004, conhecida como Lei de Inovação, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo.
2005	Lei nº 11.196/2005, conhecida como Lei do Bem, que dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica.
2007	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI 2007-2010).
2008	Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP).
2011	Plano Brasil Maior, que foi a Política Industrial, Tecnológica, de Serviços e de Comércio Exterior para o período 2011-2014.
2011	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 (ENCTI 2012-2015).
2015	Emenda Constitucional 85/2015, que alterou e adicionou dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de CT&I.
2016	Lei nº 13.243/2016, que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação.
2016	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (ENCTI 2016-2022).
2018	Decreto nº 9.283/2018, que regulamentou a Lei de Inovação.
2020	Decreto nº 10.534/2020, que instituiu a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança.
2021	Lei Complementar nº 182/2021, que instituiu o marco legal das <i>Startups</i> e do empreendedorismo inovador.
2021	Estratégia Nacional de Inovação (2021 – 2024).

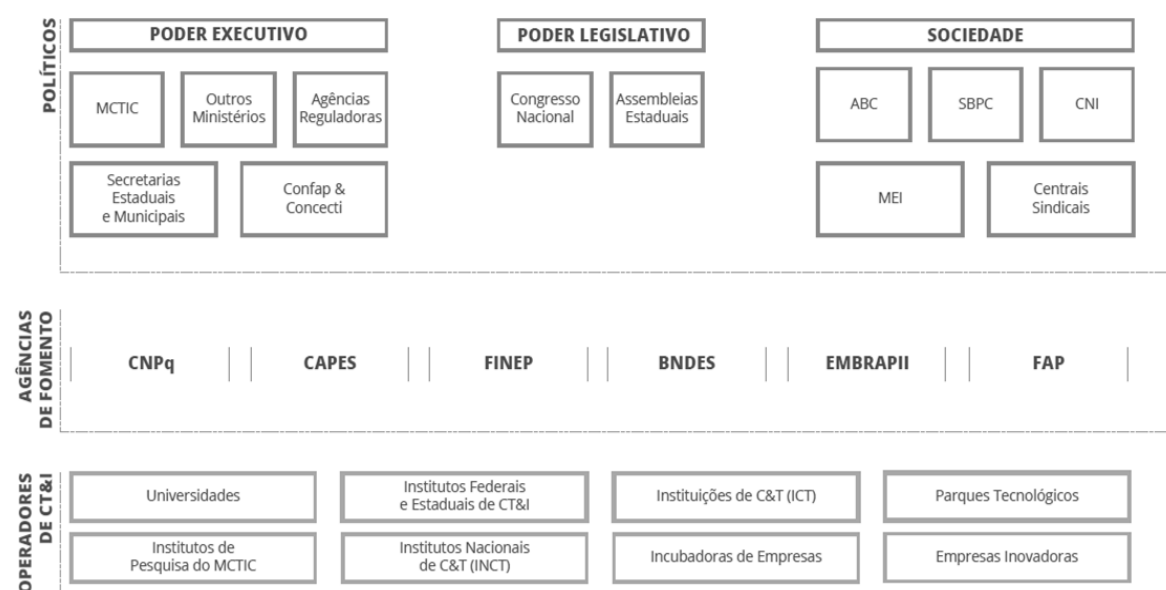
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diversos arranjos institucionais são admitidos para os operadores de CT&I, sendo de grande relevância para o SNCTI os programas de pós-graduação instalados em universidades públicas. De acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações⁷ (MCTIC, 2016), são nessas IES que a maior parte da produção científica nacional ocorre. Apesar de serem classificadas como Instituições

⁷ Atualmente é conhecido como Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

Científicas e Tecnológicas (ICT)⁸ pela legislação brasileira (BRASIL, 2004; 2016), as universidades são tratadas de forma independente devido ao protagonismo, enquanto operadoras de CT&I, na criação dos ecossistemas de inovação envolvendo os demais operadores mostrados no terceiro nível da Figura 2.1. Foram consideradas sob a nomenclatura de ICT: os Institutos de Pesquisa; os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia; e os Institutos Estaduais de CT&I.

Figura 2.1 – Principais atores do SNCTI, distribuídos em três níveis: político, agências de fomento e operadores de CT&I.



Fonte: MCTIC (2016, p.14).

Sabe-se que o Brasil, antes do SNCTI, já apresentava os elementos, ou atores, de um sistema de inovação. Entretanto, de forma geral, as relações entre instituições acadêmicas e empresas eram muito frágeis (ETZKOWITZ, 2013). Isso prejudicou a consolidação do processo de inovação e, por consequência, o desenvolvimento econômico e social pretendido.

Cabe destacar que, no Brasil, apenas a partir da década de 1980 as universidades públicas se tornaram atores significativos na consolidação dos Parques Tecnológicos, também conhecidos como Parques Científicos e Tecnológicos ou

⁸ As Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) são instituições públicas ou privadas que incluem em sua missão institucional ou objetivo social ou estatutário pesquisa básica ou aplicada de natureza científica ou tecnológica ou o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos (BRASIL, 2004; BRASIL, 2016; BRASIL, 2018).

Parques de Ciência e Tecnologia (BALLE *et al.*, 2019), outro operador de CT&I apresentado na Figura 2.1 (MCTIC, 2016).

Os parques são formados por organizações geograficamente próximas e estão subordinadas a uma entidade responsável pela construção e gestão das áreas comuns (BALLE *et al.*, 2019). Por meio de ações planejadas e estruturadas, eles trazem instituições governamentais, industriais e acadêmicas, como universidades, para promover o desempenho organizacional e o emprego, além de ciência, tecnologia, inovação, empreendedorismo, incubação, *start-ups*⁹ e *spin-offs*¹⁰ (AMARAL, 2015; GONZÁLEZ-MASIP *et al.*, 2019).

Esses parques promovem vantagens para organizações, regiões e até nações (CARAYANNIS *et al.*, 2014). A iniciativa de aproximar as organizações das universidades se espalhou e atualmente os parques são realidade em muitos países, o que contribui para o desenvolvimento da economia, pois ajudam a disseminar o conhecimento desenvolvido nas universidades para as organizações e para a sociedade em que está inserida (BALLE *et al.*, 2019). Pereira *et al.* (2019) estimaram que, em 2019, apenas 26 das 63 universidades federais brasileiras, por eles estudadas, estavam integradas a Parques Tecnológicos.

Por fim, vale destacar que alguns dos arranjos institucionais no SNCTI foram estabelecidos conforme a teoria da HT (DALMARCO *et al.*, 2019; DUDIN *et al.*, 2020; BASSO *et al.*, 2021).

2.3 Hélice Tríplice

Nos *Meetings of the International Sociological Association* (Encontros da Associação Internacional de Sociologia) de 1994, Louis André Leydesdorff (*n.* 1948, químico e sociólogo dinamarquês) convidou Henry Etzkowitz (*n.* 1940, sociólogo

⁹ *Start-up* é uma organização empresarial ou societária, nascente ou em operação recente (até 10 anos), cuja atuação caracteriza-se pela inovação aplicada a modelo de negócios ou a produtos ou serviços ofertados (GONZÁLEZ-MASIP *et al.*, 2019). A Lei Complementar nº 182/2021 descreve o conceito de *start-up* como uma empresa que atua no setor de inovação, com crescimento “rápido e escalável”. Essas empresas inovadoras, por sua vez, devem ter um faturamento anual de, até, R\$16 milhões.

¹⁰ *Spin-off* é o nome dado a uma companhia que foi fundada como derivação de outra organização empresarial ou acadêmica. Comandada por uma empresa-mãe, geralmente, uma *spin-off* surge da necessidade da própria organização, como um novo tipo de mercado ou de tecnologia (GONZÁLEZ-MASIP *et al.*, 2019).

americano) a propor um tema para um *workshop* em Amsterdã. Ele sugeriu como tópico a expansão das relações academia-indústria para as interações academia-indústria-governo que ele havia rotulado de *Triple Helix* (Hélice Tríplice). Ao desenvolver o modelo da HT, Etzkowitz e Leydesdorff aproveitaram conhecimento de várias disciplinas, como economia evolucionária, sociologia da ciência e tecnologia e sociologia dos estudos superiores (CAI e ETZKOWITZ, 2020).

A HT é um modelo teórico qualitativo que trata da dinâmica das interações entre três esferas institucionais: academia, indústria e governo. Esse molde captura as condições em que se produz a inovação tecnológica baseada no conhecimento. As interações entre as três esferas, sejam nos níveis local e regional, ou até mesmo nacional, foram consideradas a chave para realizar o potencial de inovação (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017). Dessa forma, o modelo da HT atraiu formuladores de políticas de vários contextos (VIALE e ETZKOWITZ, 2010).

Cabe ao governo formular políticas públicas de fomento à inovação, disponibilizando recursos, financiando pesquisas e incentivando o empreendedorismo organizacional, ao mesmo tempo em que promove a redução de incertezas na macroeconomia e, assim, estimula outros agentes a investir em inovação tecnológica. Além disso, pode criar instituições reguladoras dos setores produtivo e financeiro e, também, promover o uso de políticas fiscais, monetárias e cambiais para a produção de inovações (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013).

A indústria (i.e., empresas) é diretamente responsável pela inovação, ou seja, pela efetiva aplicação prática de uma invenção. Portanto, é preciso produzir conhecimento internamente, ou, quando necessário, buscar de agentes externos as informações necessárias para criar a base para a geração de ideias e novos conhecimentos que sustentem esse processo de inovação até a consolidação dos produtos, processos e serviços. Cabe a ela, entre outras atividades, captar o conhecimento científico e tecnológico gerado nas universidades e demais instituições de pesquisa, produzi-lo e comercializá-lo, oferecendo-o à sociedade na forma de produtos, processos e serviços, gerando benefícios econômicos. Acima de tudo, prestar atenção ao que eles precisam aprender para melhorar sua produção

tecnológica (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013).

A academia (universidades e institutos de pesquisa), como atores da inovação, são responsáveis por formar recursos humanos, promover treinamento, realizar pesquisas básicas e aplicadas e desenvolver protótipos de tecnologias inovadoras (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013). Essa é outra característica essencial do modelo da HT, a importância valorizada e estratégica do papel das universidades, que se esforçam para usar o conhecimento que geram na promoção do desenvolvimento social e econômico.

De acordo com o modelo da HT, as universidades e outras instituições de pesquisa científica e tecnológica não podem ser diretamente responsáveis pela inovação, pois, por definição, parte importante do processo ocorre na indústria. Nesse contexto, a academia é responsável pelo desenvolvimento tecnológico e pela geração de invenções que culminam na transferência de tecnologia a ser inserida no ambiente produtivo ou social na forma de inovação tecnológica (ETZKOWITZ, 2013). É importante ressaltar que essa situação é mutável, dependendo do ambiente em que estão inseridas, bem como influenciadas pelas tradições acadêmicas de cada instituição (DE LA TORRE *et al.*, 2021).

Nesse sentido, as universidades, como atores da inovação, podem criar condições favoráveis ao desenvolvimento tecnológico, bem como ao estabelecimento, desenvolvimento e consolidação de ambientes propícios às atividades voltadas à inovação tecnológica. Essas instituições visam promover vínculos mais fortes com a indústria e governo, criando condições para o início de novos empreendimentos, desenvolvendo novas tecnologias, valorizando e explorando o conhecimento científico (DEL GIUDICE, 2008; PHILPOTT *et al.*, 2011; PERKMANN *et al.*, 2013; ROMANO *et al.*, 2014; LOI e DI GUARDO, 2015; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

A tese mais recente da HT é que a universidade deixa de ter papel secundário no processo de inovação, ainda que importante, de oferta de ensino superior e pesquisa, e passa a assumir papel primordial, como indutora de novas empresas. Nesse sentido, está se tornando uma instituição que combina ensino e pesquisa com atividades voltadas à inovação tecnológica e ao empreendedorismo (ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

Essa ampliação de papéis, segundo a teoria da HT, leva à maior possibilidade de ações e conseqüente aproximação dos corpos docente e discente das universidades com o ambiente produtivo. O impacto direto ocorre nos processos de transferência de tecnologia da pesquisa acadêmica, que antes levavam gerações para ocorrer, agora acontecem ao longo da vida profissional de seus inventores, dando-lhes a possibilidade de participar tanto do processo de pesquisa quanto da inovação tecnológica (ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

O movimento pela inovação tecnológica promovido pela Hélice Tríplice começa, normalmente, com a interação recíproca entre a academia, a indústria e governo, a fim de que um ajude a melhorar o desempenho do outro, nessa fase inicial, cuja colaboração se dá por meio de seus papéis tradicionais envolvidos com a inovação (ETZKOWITZ, 2013). À medida em que o movimento avança, também leva em conta as interações dinâmicas entre as três esferas mediante “assumir o papel do outro” em contextos em que um ou mais desses atores (hélices) são fracos ou impedidos de agir. Portanto, a HT defende que é possível para uma esfera institucional desempenhar múltiplos papéis, sem que sua função original seja degradada ou prejudicada (ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

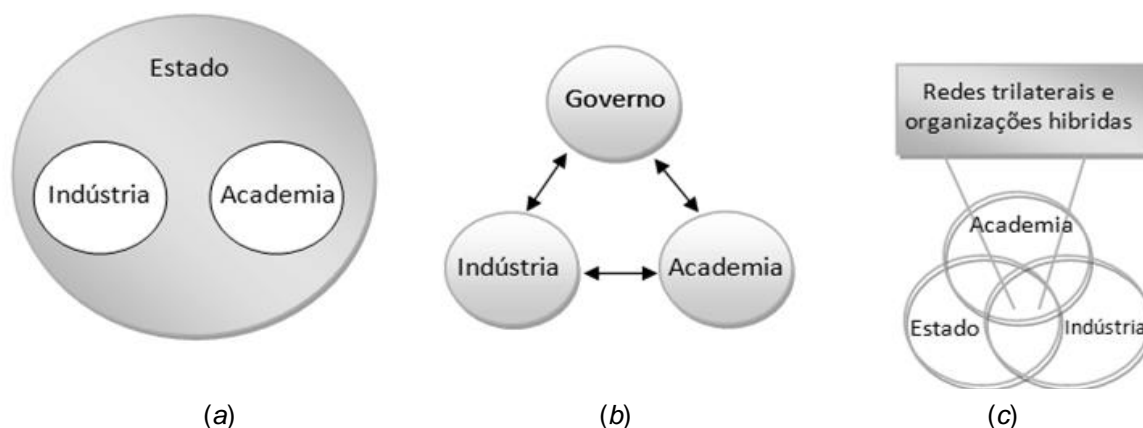
Por exemplo, as empresas continuam a produzir bens e serviços, mas também realizam pesquisas e oferecem treinamento de alto nível (tal como, por meio de universidades corporativas). O governo é responsável por solucionar falhas de mercado, ajustar políticas públicas e estabelecer regras de mercado, mas também disponibiliza capital para iniciar novos empreendimentos, principalmente para negócios de elevado risco. As universidades mantêm seus papéis tradicionais de ensino, pesquisa e extensão, assim como dedicam esforços à proteção do conhecimento, patenteamento e impulsionamento às empresas iniciantes (CAI e ETZKOWITZ, 2020).

De acordo com seus criadores Etzkowitz e Leydesdorff (1997; 2000), o modelo da HT é, em essência, diferente da abordagem tradicional do NSI, que considera que a indústria tem o papel de liderança em inovação (*laissez-faire*), representado na Figura 2.2 (b), ou a partir do modelo estatista (*statist model*), Figura 2.2 (a), em que o Estado é o agente indutor desse processo, conforme também defendido pelo modelo

conhecido como Triângulo de Sábato¹¹ (SÁBATO e BOTANA, 1968). A Hélice Tríplice foi abordada como sendo um modelo equilibrado (*balanced model*), Figura 2.2 (c). No entanto, já se aceita que a complexa rede de elementos que opera dentro de um NSI pode ser interpretada referindo-se à HT (COCCIA, 2005). Cabe destacar que, no Brasil, os conceitos adjacentes à HT foram usados como base para criação do SNCTI (DALMARCO *et al.*, 2019; DUDIN *et al.*, 2020; BASSO *et al.*, 2021).

O modelo da HT está sendo desafiado pela proliferação de hélices. Levando em conta o “público baseado na mídia e baseado na cultura”, essa extensão ficou conhecida como Hélice Quádrupla (CARAYANNIS e CAMPBELL, 2010). A abordagem se propõe a abarcar novas características da sociedade contemporânea, particularmente relacionadas com o papel do cidadão agregando o público ou a sociedade civil como a quarta hélice (CAI e ETZKOWITZ, 2020).

Figura 2.2 - Os três modelos da Hélice Tríplice: (a) modelo estatista (*statist model*); (b) *laissez-faire*; (c) modelo equilibrado (*balanced model*).



Fonte: Adaptada de Cai e Etzkowitz (2020, p 200).

Na Hélice Quádrupla, a sociedade civil também é percebida como ator da inovação, impulsionadora dos processos de inovação. Assim, os usuários são centrais no modelo e incentivam o desenvolvimento de inovações que sejam pertinentes para eles. Nessa perspectiva, emerge a necessidade de compreensão ampla da produção

¹¹ O Triângulo de Sábato foi apresentado pelos argentinos Jorge Alberto Sábato (1924 – 1983, físico) e Natalio Rafael Botana (n. 1937, cientista político) no *World Order Models Conference* em Bellagio, na Itália, em setembro de 1968. Os autores propuseram planos de ação que visavam permitir à América Latina passar de espectadora a protagonista do processo mundial de desenvolvimento científico-tecnológico utilizando estratégias de ação a fim de reduzir os obstáculos à inovação, presentes nos países latino-americanos.

de conhecimento e inclusão desse público, mais integrado com a dinâmica da inovação (CARAYANNIS e CAMPBELL, 2010).

Na sequência houve a proposta de acrescentar outra extensão da HT, adicionando “ambientes naturais da sociedade” como a quinta hélice (CARAYANNIS e CAMPBELL, 2010). O modelo, que ficou conhecido como Hélice Quíntupla, trouxe consigo a ideia deecoinovação e ecoempreendedorismo. Nessa abordagem, o meio ambiente é considerado fator principal para a preservação, sobrevivência e vitalização da humanidade e precisa ser inserido nas políticas e propostas de inovação tecnológica (CARAYANNIS e CAMPBELL, 2010).

Apesar do surgimento desses estudos sobre novas abordagens teóricas a respeito das novas hélices, ainda há dificuldade em entender como elas são representadas. A adição da quinta hélice à produção de conhecimento é muito ambígua para ser medida empiricamente. Isso levanta questões sobre aplicações práticas devido à ambiguidade teórica e questão de medição (YOON *et al.*, 2017). Vale ressaltar que há restrições, pelos proponentes, à incorporação de novas hélices ao modelo. O seu argumento está relacionado à diferenciação entre atores e contexto. Assim, o modelo da HT continua em destaque na literatura da inovação tecnológica, amplamente divulgado pelo Banco Mundial, OCDE e União Europeia (CAI e ETZKOWITZ, 2020). Em concordância com Yoon *et al.* (2017), decidiu-se utilizar o modelo da HT neste trabalho.

Sendo assim, em países mais desenvolvidos, há tradição estabelecida de interações entre as universidades e demais institutos de pesquisa, a indústria e o governo, conforme defendido pela HT (FISCHER *et al.*, 2019). De acordo com Dudin *et al.* (2020), o modelo está totalmente implementado nos Estados Unidos, especificamente no Vale do Silício¹². Os autores também esclarecem que o modelo foi adotado pelo Japão, Canadá, em alguns países da Europa, a exemplo da Holanda e até mesmo Bielo-Rússia. Nesses países o modelo foi adaptado, considerando as características nacionais.

¹²O Vale do Silício, na Califórnia, Estados Unidos, é o apelido da região da baía de São Francisco onde estão situadas várias empresas de alta tecnologia, destacando-se na produção de circuitos eletrônicos, na eletrônica e informática. A região abriga empresas globais de tecnologia a exemplo da Apple, Facebook e Google, estabelecidas próximas à Universidade Stanford, em Palo Alto (DUDIN *et al.*, 2020).

Em economias emergentes, essas parcerias, com algumas exceções, estão em estágio inicial (FISCHER *et al.*, 2019). Um caso de sucesso dessa dinâmica, em países emergentes, é o da indústria de *chips* de Taiwan, em que as universidades atuaram como agentes estratégicos de licenciamento de patentes (LEE e YOON, 2010). Outro exemplo é a China, onde notam-se níveis crescentes de colaboração entre as universidades, as indústrias e o governo como mecanismo para aumentar a produtividade do sistema de inovação, ajudando a desenvolver as capacidades necessárias (ZHAO *et al.*; 2015; LI *et al.*, 2020).

Na Rússia, Argentina, Brasil e Chile também foram implantados projetos que utilizam os conceitos inerentes ao modelo da HT para a criação de NSI. Contudo, o sistema econômico desses quatro países, o baixo investimento nas universidades e demais centros de pesquisa são fatores que dificultam o progresso científico e tecnológico e, conseqüentemente, a inovação (DUDIN *et al.*, 2020).

2.3.1 Hélice Tríplice no Brasil

No Brasil, ainda são escassos os estudos envolvendo a base conceitual da HT, principalmente para o contexto nacional. Nos países mais desenvolvidos, existe tradição estabelecida de interações entre universidades e outros institutos de pesquisa, indústria e governo.

Dalmarco *et al.* (2019) realizaram um estudo comparativo entre os setores agrícola e aeroespacial no Brasil e na Holanda, na perspectiva da HT, e perceberam alinhamentos limitados entre academia e indústria, que continuam desenvolvendo suas atividades separadamente, trabalhando em conjunto apenas de forma restrita e esporádica. Os autores apontaram, também, que as iniciativas governamentais, por sua vez, não tiveram impacto significativo. Como resultado, o SNCTI brasileiro ainda não atingiu a maturidade alcançada por outros países, o que tem impactado negativamente na inovação tecnológica.

Embora as interações entre academia, indústria e governo tenham aumentado no Brasil desde a década de 1990, o foco ainda não está na formulação de políticas de ação integrada, mas na busca pelo financiamento público. Soma-se a isso a falta de dinamismo por parte das empresas e a, conseqüente, falta de demanda por novas

tecnologias, comprometendo o SNCTI (RIBEIRO e NAGANO, 2018; BENEVIDES *et al.*, 2020).

Também no Brasil, Basso *et al.* (2021) analisaram, sob a ótica da HT, as redes de cooperação tecnológica de universidades públicas do Estado de São Paulo que originaram patentes. Os resultados revelaram que as principais parcerias foram academia-academia, e nas colaborações academia-indústria notou-se que essas são esporádicas. As instituições governamentais, como as fundações de amparo à pesquisa, tiveram baixa participação, evidenciando que na relação academia-governo o foco era o financiamento à pesquisa. Os autores destacaram que esses repasses financeiros não se destinavam ao desenvolvimento de inovações, mas ao custeio de novas pesquisas que acabaram por gerar ativos passíveis de patenteamento, porém, com futuro incerto para absorção pelo mercado.

Considerando a natureza dos sistemas de inovação nos países emergentes, as universidades desempenham papel central. Apesar dos trabalhos citados, não há conhecimento suficiente sobre como as universidades de desses países estão conectadas aos sistemas nacionais de inovação. Isso fornece mais uma motivação para o presente trabalho, baseado no contexto brasileiro.

2.3.2 Abordagens Quantitativas da Hélice Tríplice

Notam-se esforços para inserir a abordagem quantitativa no modelo da HT segundo pesquisa realizada por Loi e Di Guardo (2015), Zhao *et al.* (2015), Jovanović *et al.* (2019), Li *et al.* (2020), Navas *et al.* (2020) e De La Torre *et al.* (2021) mencionados acima, na introdução. No estudo realizado por Loi e Di Guardo (2015) em universidades italianas, foram identificados quatro grupos com diferentes padrões de comportamento diante da inovação tecnológica.

Basicamente, o ordenamento ou *ranking* criado por Loi e Di Guardo (2015) indicou que o primeiro grupo de universidades busca o equilíbrio entre as funções de ensino e pesquisa com atividades voltadas à inovação. O segundo grupo interpretou seu papel como contribuinte para o processo inovativo da sociedade, focando na divulgação de patentes e dando relevância à inovação. O terceiro grupo envolveu universidades que manifestaram orientação aberta para a satisfação de necessidades externas e participação ativa nas mudanças que ocorrem na sociedade. O quarto

grupo pareceu considerar a missão de ensino e pesquisa como prioritária e o interesse pela inovação como fonte de financiamento para atingir suas prioridades. Os resultados, com base nas frequências de palavras-chave computadas, indicaram que colaboração foi o termo mais notado e estava ligada às formas tradicionais de interação entre universidade e indústria, de acordo com o modelo da HT.

Zhao *et al.* (2015) observaram que o apoio do governo foi importante para alimentar os sistemas regionais de inovação, uma vez que P&D e inovação tecnológica são muitas vezes intensivos em capital. Eles também perceberam que os institutos de pesquisa geraram os melhores resultados de pesquisa (patentes e criação e disseminação de conhecimento), de modo que regiões com maior número de instituições de pesquisa tendem a apresentar superiores resultados de inovação. Por fim, as distintas regiões apresentaram diferentes mentalidades organizacionais, sendo que as competitivas também foram as que mostraram maior comportamento empreendedor. Essas foram as regiões que revelaram mentalidade orientada para os negócios.

A implicação chave do estudo feito por Zhao *et al.* (2015) foi que as colaborações podem trazer riqueza para as regiões que estão engajadas, desde que essas alinhem as motivações dos diferentes atores da HT, que buscam a inovação e equilibram a alocação de recursos. A fim de explorar essas diferenças, os formuladores de políticas devem se envolver em auditoria das capacidades, habilidades e atitudes de todos os atores.

De acordo com Jovanović *et al.* (2019), as atividades de P&D são marcadas como os catalisadores da atuação na HT, que fomentam e impulsionam a missão de inovação nas universidades. Perceberam também que a colaboração tem o papel principal entre os três atores, enquanto essa função entre os indicadores esteve reservada às receitas do balanço de pagamentos de tecnologia decorrentes das atividades de licenciamento de patentes, o que refletiu num resultado significativo das atividades inovadoras do país.

Li *et al.* (2020) destacaram a importância de integrar o conhecimento universitário, as necessidades da indústria e as receitas do governo para garantir fluxo eficaz e configuração razoável dos recursos de empreendedorismo, para promover esse ambiente mais favorável e, em última análise, estimular a inovação e o empreendedorismo. Os autores sugeriram que é melhor que os formuladores de

políticas regionais adaptem seus projetos para estarem sintonizados e incorporados às necessidades específicas e à disponibilidade de recursos das respectivas regiões. Somente assim, eles poderiam estabelecer uma abordagem específica para melhor utilizar as capacidades localizadas com um desenvolvimento dependente do caminho.

Na Colômbia, dois (2) *clusters* surgiram nos resultados alcançados por Navas *et al.* (2020) ao observar dados de classificação, um com universidades voltadas para o ensino e outro com instituições direcionadas para a pesquisa. Os resultados apresentados pelos autores não estão, especificamente, focados na teoria da HT. Contudo, mostraram aspectos adjacentes ao modelo de cooperação; por exemplo, sugeriram que o sistema de ensino superior da Colômbia pode ser considerado eficaz nas dimensões de ensino e emprego, mas permanece ineficiente na pesquisa. Também revelaram que naquele país o investimento em P&D vem de recursos públicos e que o corpo docente com doutorado teve o maior impacto na eficiência de P&D.

De La Torre *et al.* (2021) usaram dados de 33 organizações públicas de pesquisa do Reino Unido e identificaram três (3) perfis distintos de transferência de conhecimento: exploração externa, colaboração do usuário e comercialização no mercado. Cada perfil está relacionado a características organizacionais específicas: tamanho, fluxos de renda e área de conhecimento, o que mostrou forte diferenciação baseada no conhecimento. Eles argumentaram que esses perfis podem depender de diferentes prontidões de mercado e especificidade do usuário de saídas de conhecimento provenientes de áreas distintas. Considerando que as organizações públicas de pesquisa fazem parte da academia na teoria da HT, esses perfis têm implicações para outros atores (hélices) da HT no contexto da colaboração.

No Brasil, é importante destacar as pesquisas realizadas por Dalmarco *et al.* (2019) e Basso *et al.* (2021), visto que eles analisaram dados de patentes da perspectiva da HT. Apesar da relevância desses estudos, os dados de patentes não capturam todos os aspectos complexos das relações da Hélice Tríplice. O presente trabalho visa aprofundar os estudos da HT, levando em consideração o caso brasileiro, incluindo outros parâmetros universitários, como pesquisadores e transferência de tecnologia, conforme detalhado a seguir.

2.4 As Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica

Em países mais desenvolvidos, o envolvimento das universidades em atividades de inovação tecnológica é marcado por colaborações entre indústria, academia e governo por meio da criação de projetos de pesquisa conjuntos entre os setores público e privado (DEL GIUDICE, 2008; ETZKOWITZ, 2013). Nas universidades, essas atividades geralmente são apoiadas pelos *Industrial Liaison Offices* (ILO), que são instituições responsáveis por organizar a interação entre um departamento ou unidade de pesquisa e um grupo de empresas interessadas (CARAYANNIS *et al.*, 2014; ROMANO *et al.*, 2014).

Ao contribuir com o processo de inovação, as universidades começaram a colher os benefícios de tais cooperações, organizando atividades para explorar sua propriedade intelectual (PHILPOTT *et al.*, 2011; PERKMANN *et al.*, 2013; ROMANO *et al.*, 2014; LOI e DI GUARDO, 2015; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017). Por isso, políticas de patentes foram implementadas e foram criados os *Technology Transfer Office* (TTO) em instituições acadêmicas (ROMANO *et al.*, 2014). O principal objetivo de um TTO é facilitar a transferência de tecnologias desenvolvidas pela universidade para o mercado, protegendo a propriedade intelectual por meio de patentes e direitos autorais e posteriormente licenciando esses direitos protegidos pelas universidades para a indústria (SOARES e TORKOMIAN, 2021).

No Brasil, ao longo dos anos, algumas iniciativas foram tomadas para incentivar a pesquisa científica e tecnológica como impulsionadora da inovação, destacando-se: o Planejamento Estratégico em Ciência, Tecnologia e Inovação (2004 a 2007); o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional (PACTI 2007-2010); as Estratégias Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2012-2015); (ENCTI 2016-2019); Política Nacional de Inovação; e Estratégias Nacionais de Inovação (2021 – 2024). Grande avanço se deu em 2004, quando foi aprovada a Lei 10.973/2004 (BRASIL, 2004), conhecida como Lei Federal de Inovação, alterada pela Lei 13.243/2016 (BRASIL, 2016) e Decreto nº 9.283 (BRASIL, 2018).

A Lei Federal de Inovação foi a primeira a reconhecer a contribuição de universidades e outros institutos de pesquisa no ambiente brasileiro de inovação tecnológica. Ao definir o papel das ICT, a referida Lei destacou a importância desses

atores na inovação tecnológica. No cenário atual, as ICT funcionam como atores fundamentais para subsidiar e fomentar atividades de caráter tecnológico, imprescindíveis no movimento nacional pela inovação tecnológica. Para isso, a Lei nº. 13.243/2016 prevê que as ICT poderão, mediante remuneração e por prazo determinado, nos termos de contrato ou convênio (BRASIL, 2016, p. 2):

- compartilhar seus laboratórios, equipamentos, instrumentos, materiais e demais instalações com ICT ou empresas em ações voltadas à inovação tecnológica para consecução das atividades de incubação, sem prejuízo de sua atividade finalística;
- permitir a utilização de seus laboratórios, equipamentos, instrumentos, materiais e demais instalações existentes em suas próprias dependências por ICT, empresas ou pessoas físicas voltadas a atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, desde que tal permissão não interfira diretamente em sua atividade-fim nem com ela conflite; e
- permitir o uso de seu capital intelectual em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

A institucionalização do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT), que possui estrutura semelhante ao TTO, tornou-se obrigação legal para todas as ICT desde a Lei 10.973/2004 (BRASIL, 2004), e visa centralizar a gestão das políticas de inovação. Ao tratar do processo de criação, proteção, negociação e comercialização, o NIT torna-se responsável por estabelecer esse ambiente favorável para que os resultados do desenvolvimento tecnológico nas universidades sejam invenções com potencial para serem transformadas em inovação tecnológica. Outras funções são favorecer o diálogo entre a universidade e o setor produtivo, além de divulgar o portfólio de tecnologias, como faziam os ILO (SILVA *et al.*, 2009; CASTRO e SOUZA, 2012).

A exigência da lei brasileira para a criação do NIT mudou as universidades que, historicamente, nunca se preocuparam com a gestão da transferência de tecnologia. Tal ação buscou estimular a criação tecnológica e instituir uma política de inovação (BRASIL, 2004). Estima-se que, até 2015, o total de 199 NIT tenham sido implantados no país (MCTIC, 2019) e, em 2019, 86% das universidades brasileiras possuíam NIT (PEREIRA *et al.*, 2019).

Ainda é possível notar discrepâncias no contexto brasileiro quando comparado aos países desenvolvidos. Nos Estados Unidos, a ideia de ambientes de inovação surgiu na década de 1950, com a intenção de reunir empresas que fomentam a inovação em uma mesma área física (PHILLIMORE, 1999; KIHLGREN, 2003). Esses ambientes promoveram vantagens para as organizações, regiões e até nações (CARAYANNIS *et al.*, 2014; AMARAL, 2015). Atualmente, tais espaços de inovação são realidade em muitos países e contribuem para o desenvolvimento da economia, pois ajudam a disseminar o conhecimento desenvolvido nas universidades para as organizações e para a sociedade em que está inserida.

O GII avalia o ambiente de inovação de um país em relação aos demais. Entre os 132 países analisados em 2021, o Brasil ocupou a 57ª posição global e 4ª entre os países da América Latina e Caribe, ficando atrás de países como o Chile (53ª), México (55ª) e Costa Rica (56ª). Já na comparação com os países de renda média alta, o Brasil está na 11ª colocação (WIPO, 2021). Em 2022, o Brasil ganhou três posições no GII na comparação com 2021 e agora está no 54º lugar. Na América Latina, também se notou melhora, já que o país ocupou a 2ª posição entre os países da América Latina, ultrapassando México (58º) e Costa Rica (68º), ficando atrás apenas do Chile. Entre os países de renda média subiu para a 9ª colocação.

De acordo com o GII, o Brasil é a única economia da América Latina e Caribe, cujos gastos com P&D desde 2021 ultrapassaram 1% do Produto Interno Bruto (PIB) e é comparável àqueles de algumas economias europeias, como Croácia e Luxemburgo (WIPO, 2021; 2022). Em 2022, o Brasil apresentou a 35ª economia com negócios mais sofisticados do mundo, apesar de as empresas brasileiras terem que conviver com instituições muito mal posicionadas no *ranking*, e com infraestrutura que figura apenas em 65º lugar. Outro recorte importante no *ranking* quando analisado os insumos de inovação, o país caiu duas posições (de 56º, em 2021, para 58º em 2022). No entanto, avançou seis posições em resultados de inovação – de 59º em 2021, para 53º em 2022. Ou seja, o país teve uma piora quando o assunto é investimento em inovação (WIPO, 2022).

Em 2022, registrou importante avanço em produtos de inovação, superior ao esperado em relação a seus níveis de desenvolvimento econômico, especialmente em produtos criativos, como ativos intangíveis e criatividade *online*, bem como em registro de marcas e criação de aplicativos móveis. Entre as métricas que auxiliaram

o país a ganhar posições no *ranking* estão indicadores do pilar sofisticação dos negócios. O pilar capital humano e pesquisa também ficou entre os destaques positivos do país, ficando para trás em instituições, infraestrutura e sofisticação do mercado (WIPO, 2022).

Além do ranqueamento dos países, as bases de dados e de patentes da WIPO também permitem observar quais os campos tecnológicos em que mais há inovações sendo desenvolvidas. Isso é possível por meio do histórico de patentes publicadas anualmente, que registra o tipo de tecnologia que foi empregado em cada trabalho. No caso do Brasil, os três principais campos tecnológicos em termos de publicação de patentes são: em primeiro lugar estão os registros de novos fármacos; em segundo lugar, as tecnologias médicas; e, em terceiro, as patentes de novos compostos químicos orgânicos de alto valor agregado (químicos finos) (WIPO, 2021; 2022).

Vale lembrar que, no Brasil, o protagonismo nas atividades de desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente em áreas reconhecidas como de alta tecnologia, acontece nas universidades, mais do que na indústria. Nesse contexto, quando o número de empresas que desenvolvem atividades voltadas à inovação ainda é pequeno, as universidades assumem importante papel estratégico em termos de produção científica e tecnológica (DALMARCO, *et al.*, 2019; BASSO *et al.*, 2021).

Outra particularidade é que, no Brasil, o financiamento para CT&I vem principalmente do orçamento público. Agências como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e FINEP são responsáveis pela distribuição dos recursos do governo federal. O financiamento dos estados é feito pelas fundações estaduais, conforme apresentado nos resultados deste trabalho.

No que tange às universidades federais, destaca-se o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI)¹³, que teve como principal objetivo ampliar o acesso e a permanência na educação superior (SOUZA *et al.*, 2015). Ainda que a inovação tecnológica não esteja entre os objetivos primários do REUNI, as alterações promovidas trouxeram impacto nas instituições e, conseqüentemente, nas suas contribuições para a inovação tecnológica.

¹³ O Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) foi instituído pelo Governo Federal do Brasil através do Decreto 6.096/2007 (SOUZA *et al.*, 2015).

O REUNI adotou uma série de medidas para retomar o crescimento do ensino superior público, criando condições para a expansão física, acadêmica e pedagógica das universidades. As ações do Programa contemplaram o aumento de vagas nos cursos de graduação, a ampliação da oferta de cursos noturnos, a promoção de inovações pedagógicas, o combate à evasão estudantil e o incremento à garantia da qualidade da graduação da educação pública, além da otimização do aproveitamento das estruturas físicas e aumento no quantitativo de recursos humanos por meio de concursos (SOUZA *et al.*, 2015).

O Programa REUNI foi uma importante ação governamental envolvendo a educação superior federal, com metas de ampliação de acesso e de permanência nas instituições de ensino. Todavia, as posteriores restrições orçamentárias oriundas das medidas do governo federal caracterizaram-se como grandes desafios para os gestores das universidades brasileiras, na busca da manutenção da educação superior de qualidade.

O REUNI possibilitou a contratação de novos professores para as universidades federais. No período de sua implementação (entre 2008 e 2012), houve grande aumento no número de professores efetivos, com a autorização de 21.786 contratos de novos docentes e a consequente redução de 64% dos que atuavam como substitutos. Existiu também aumento de, aproximadamente, 22% no número de professores visitantes. Em suma, de acordo com Souza *et al.* (2015), entre os anos de 2003 a 2012, o número de educadores com doutorado aumentou de 50,95% para 68,78%. A maior diferença ocorreu entre aqueles com mestrado e doutorado, com redução de 25,45% no primeiro e crescimento relevante de 68,78% no segundo.

Esse crescimento pode ser entendido como estratégia para qualificar o ensino superior, uma vez que a contratação de professores com doutorado pode garantir a constituição de um ensino, pesquisa, extensão e inovação mais comprometidos (SOUZA *et al.*, 2015). Assim como aconteceu na Colômbia, na China e na Coreia (NAVAS *et al.*, 2020), com o REUNI, o governo brasileiro aumentou o número de docentes com doutorado para que esses se concentrem em pesquisa nas universidades públicas. Isso se alinha com as observações feitas por Navas *et al.* (2020) para o sistema de ensino superior colombiano. Os seus resultados mostraram que esses profissionais têm o maior impacto na eficiência da pesquisa, enquanto a

qualidade e professores com mestrado é determinante para a eficiência nos modelos de ensino.

Nesse contexto, percebe-se a importância de estudos com objetivos de entender e avaliar a contribuição de universidades ao processo de inovação tecnológica, entendido aqui como uma ferramenta de desenvolvimento econômico e social para o Brasil. A seguir, apresenta-se a metodologia utilizada neste trabalho de pesquisa.

3 METODOLOGIA

Pela natureza complexa do fenômeno estudado, este trabalho utilizou, inicialmente, a abordagem metodológica predominantemente qualitativa para trazer à tona os princípios subjacentes dos diversos conteúdos publicados sobre o tema e identificar as semelhanças e diferenças nesse e no léxico utilizados pelas variadas publicações. Inicialmente, optou-se pela ATD e utilizou-se o *software* IRAMUTEQ para analisar os *abstracts* de 48 textos, entre artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de livros indexados nas bases *Scopus* e *Web of Science*, referentes ao processo de inovação brasileiro, respaldados pela teoria adjacente à HT, no período de 1999 a 2021 (ANDRADE *et al.*, 2023).

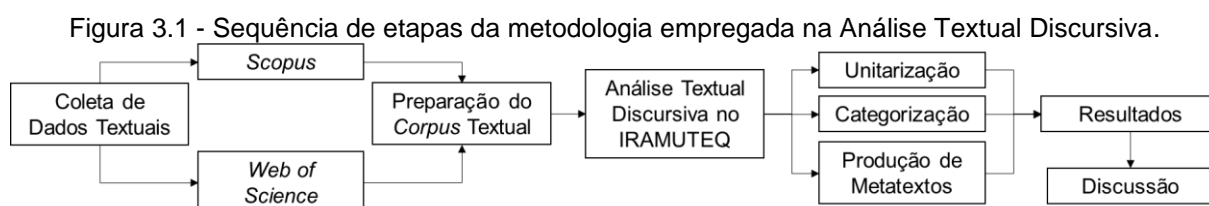
Em seguida, adotou-se a abordagem essencialmente quantitativa, com base em técnicas multivariadas do tipo HC, MDS e PCA, para caracterizar o comportamento dinâmico de parâmetros universitários relevantes para a inovação tecnológica no contexto da HT (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017; CAI e ETZKOWITZ, 2020). A escolha de tais técnicas estatísticas se deu pela sua eficácia em simplificar bancos de dados complexos, permitindo, assim, caracterização de seu comportamento dinâmico subjacente (HAIR *et al.*, 2019; FÁVERO e BELFIORE, 2020). As análises de agrupamentos (HC e MDS) reúnem instituições com comportamento de dados similares, e a PCA agrupa variáveis, reduzindo, dessa forma, a complexidade de parâmetros em poucos fatores, atuando fortemente na diminuição da dimensionalidade. Na Seção 4.1, a seguir, estão apresentados os resultados da ATD, referindo-se à predominantemente qualitativa, destacando a contribuição das universidades na inovação tecnológica, com base na HT, conforme as publicações sobre o tema. Na Seção 4.2 estão os resultados da primeira abordagem quantitativa, na qual foram utilizadas as técnicas de HC e PCA, aplicadas em doze (12) das 76 variáveis e parâmetros. Isso permitiu identificar as principais instituições e variáveis em um conjunto de dados multidimensional e visualizar as interrelações entre academia, indústria e governo, em conformidade com a HT. Por fim, na Seção 4.3, apresenta-se os resultados da segunda abordagem quantitativa, em que se usou todas as 76 variáveis e parâmetros e procedeu-se as análises de HC e MDS para

caracterizar a sinergia dinâmica e obtenção dos *clusters*, considerando a similaridade entre as instituições listadas no Quadro 3.3.

3.1 Abordagem Qualitativa

O propósito da abordagem predominantemente qualitativa foi caracterizar a HT no contexto brasileiro, a partir de publicações científicas dedicadas à temática e, assim, entender a contribuição das universidades à inovação tecnológica. Para tanto, procedeu-se com a ATD, conforme a sequência metodológica representada na Figura 3.1.

A Figura 3.1 mostra que se iniciou com coleta dos dados textuais, realizada no dia 8 de junho de 2021. Duas bases foram utilizadas: a *Scopus* e *Web of Science*. Nesta, foi realizada a pesquisa com a seguinte booleana “TS = (UNIVERSIT* AND INNOVAT* AND TECHNOLOG* AND "TRIPLE HELIX" AND BRAZIL*)”. Naquela, a utilizada foi: “TITLE-ABS-KEY (UNIVERSIT* AND INNOVAT* AND TECHNOLOG* AND "TRIPLE HELIX" AND BRAZIL*)”. Conforme descrito no Quadro 3.1, na base *Scopus* foram encontrados 23 textos e na *Web of Science*, 31, somando 54. Excluídos os indexados em ambas as bases e temas que fogem ao escopo, restaram 48 textos para a análise. Entre eles encontram-se 39 artigos publicados em periódicos, oito (8) publicados em anais de eventos e um (1) capítulo de livro. Não foram incluídos recortes de tempo na busca booleana, mas percebeu-se, a partir dos resultados, que as publicações datam de 1999 a 2021.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A preparação do *corpus* textual para a análise, uma das etapas mostradas na Figura 3.1, é de extrema importância para que os resultados consigam sintetizar aspectos relevantes do material analisado (RATINAUD e MARCHAND, 2012; CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014). Sendo assim, inicialmente, foram eliminados símbolos e caracteres especiais; em seguida, procedeu-se a verificação

ortográfica; em terceiro, foi padronizada a escrita dos números, substituindo aqueles em extenso por algarismos, para que não houvesse interferência na análise. As siglas foram substituídas pelos correspondentes significados por extenso.

Quadro 3.1 - Número de artigos incluídos na ATD.

Base	Número de Artigos
Scopus	23
<i>Web of Science</i>	31
Total Geral	54
Textos Indexados em Ambas	5
Fora do Escopo	1
Total de Textos Analisados	48

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, e muito importante, as palavras que, para esta análise, só fazem sentido em conjunto foram unidas por meio do caractere “sublinhado”, a exemplo de “*triple_helix*”. Identificação de instituições, estados, municípios também foram ligadas através do caractere “sublinhado”, a exemplo de “*são_paulo*”.

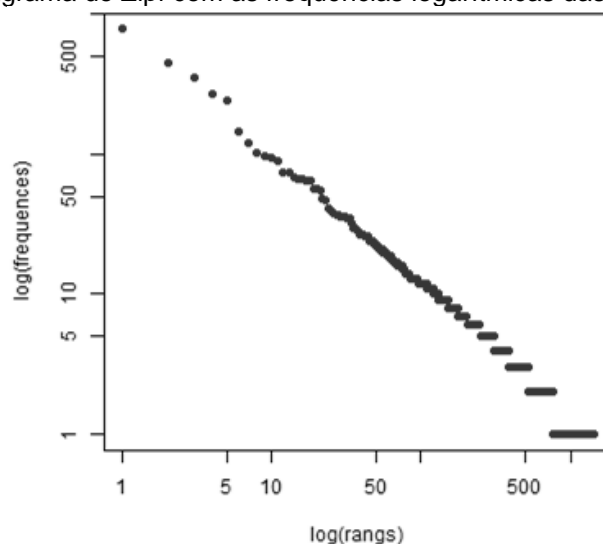
Conforme Figura 3.1, após a preparação do texto, a ATD foi realizada no IRAMUTEQ. Vale destacar que foram considerados os 48 *abstracts*, ou seja, os resumos em inglês. O *software* transformou o texto completo dos *abstracts*, que configurou o *corpus* textual, em segmentos de texto, identificou as ocorrências e efetuou o pacote *R* para a análise estatística (e, ao final, apresentou os resultados) (MORAES *et al.*, 2011; LIMA e RAMOS, 2017).

A última etapa mostrada na Figura 3.1 é a discussão. Nessa fase, procedeu-se a leitura dos 48 textos na íntegra. Com isso, foi possível estabelecer as bases que suportam as discussões apresentadas na Seção 4.1. Cabe destacar que o IRAMUTEQ permite a identificação de quais textos levaram aos resultados, tornando mais clara a relação dos resultados com a teoria da HT.

A escolha do IRAMUTEQ se justifica por se tratar de *software* desenvolvido em regime *open source* (código aberto), distribuído livremente (*software* livre), sem custo para o usuário, além de já reconhecido e utilizado em muitos trabalhos científicos recentes (SMALLMAN, 2018; CARMO *et al.*, 2018; CAJUELA e GALINA, 2020; CARMO e RANGEL, 2020; COMUNELLO *et al.*, 2020; BRUNETTI *et al.*, 2020; MOURÃO e RETAMIRO, 2021). Ademais, o IRAMUTEQ apresenta possibilidades de análises equivalentes aos *softwares* de licença paga, a exemplo do ALCESTE, conforme comprovado por Ratinaud e Marchand (2012).

Após incluído o *corpus* textual, o algoritmo dividiu-o em 241 segmentos de texto. Na análise estatística foram identificadas 8.421 palavras, sendo 1.756 vocábulos distintos e, entre esses, 916 com única ocorrência (i.e., conforme coeficiente *hápax*). A Figura 3.2 apresenta o Diagrama de Zipf (CAMARGO e JUSTO, 2013), em homenagem ao linguista americano George Kingsley Zipf (1902 - 1950), que representa, em escala logarítmica, a frequência de ocorrência dos vocábulos, revelando que sua maior parte teve baixa repetição e um pequeno número apresentou mais alta. Isso é comum em análises textuais e não compromete os resultados (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014; ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 3.2 – Diagrama de Zipf com as frequências logarítmicas das ocorrências textuais.



Fonte: Elaborada pelo autor no *software* IRAMUTEQ.

3.1.1 Análise Textual Discursiva no *Software* IRAMUTEQ

O *software* IRAMUTEQ (acrônimo de Interface de *R* pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires) foi desenvolvido pelo francês Pierre Ratinaud (n. 1973) em 2009 (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014). É um *software* gratuito, desenvolvido sob licença livre e código aberto, vinculado ao pacote estatístico *R* (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014).

No Brasil, o IRAMUTEQ começou a ser utilizado em 2013. Os responsáveis pela experimentação, desenvolvimento de dicionários e divulgação foram: o Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição (LACCOS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); o Centro Internacional de Estudos

em Representações Sociais e Subjetividade – Educação (CIERS-Ed) da Fundação Carlos Chagas (FCC) e; o Grupo de Pesquisa Valores, Educação e Formação de Professores da Unesp (CAMARGO e JUSTO, 2013).

O IRAMUTEQ serve de apoio à ATD, que corresponde a uma metodologia de análise de dados qualitativos com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos através de discursos (MORAES *et al.*, 2013). O *software* utiliza-se da lematização em suas análises textuais. Assim, as palavras são buscadas e relacionadas por sua raiz, ignorando-se o tempo verbal, o gênero, o número etc. (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014).

A análise realizada através do IRAMUTEQ é organizada num ciclo de quatro atividades essenciais, sendo estas: *i*) a unitarização, ou desconstrução dos textos do *corpus* textual, que trata-se do documento completo, seguido pela divisão em segmentos; *ii*) a categorização por meio do estabelecimento de relações entre os segmentos de texto; *iii*) a produção de metatextos, ou seja, a captação do novo emergente e; *iv*) a comunicação através dos resultados que podem ser grafos, figuras e tabelas (MORAES *et al.*, 2013; LIMA e RAMOS, 2017).

Entre as funcionalidades do *software* está a possibilidade de execução de análises de dados textuais em diferentes níveis. São cinco, a saber: *i*) estatísticas textuais clássicas, nas quais, com base na raiz (lematização), calcula-se a quantidade e frequência de palavras que se repetem e, também, das palavras únicas (coeficiente *hápax*, palavra grega [ἄπαξ] que pode ser identificada como única), em que identificam-se e classificam-se as palavras de acordo com as classes gramaticais; *ii*) Pesquisa de Especificidades de Grupos; *iii*) Classificação Hierárquica Descendente (CHD) e Análise Fatorial de Correspondência (AFC); *iv*) Análises de Similitude e; *v*) Nuvens de Palavras (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014; KAMI *et al.*, 2016).

Para análises estatísticas do *corpus* textual, o *software* possibilita a realização de cálculos simples de frequências de vocábulos, que podem ser representadas por nuvens de palavras. Permite também análises mais sofisticadas, tais como a Pesquisa de Especificidades de Grupos, a CHD, a AFC e as Análises de Similitude (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014; KAMI *et al.*, 2016).

A Pesquisa de Especificidades de Grupos usa como base os cálculos das frequências das palavras. É um teste estatístico fundamentado na lei hipergeométrica

que revela quais termos são significativamente (valor - $p < 0,05$) superutilizados (ou subutilizados) em parte do *corpus* em comparação com a distribuição geral (RATINAUD e MARCHAND, 2012; CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014; COMUNELLO *et al.*, 2020).

Na CHD os segmentos de texto são classificados e agrupados de acordo com seus vocabulários, e o conjunto deles (aglomerado ou *cluster*) é estabelecido com base na frequência das formas lexicais, ou seja, das palavras já lematizadas. Essa análise tem por objetivo obter classes, a partir dos *clusters*, que apresentam vocabulário semelhante entre si e diferente das outras. Assim, o *software* sintetiza os principais temas discutidos em um determinado *corpus* textual e as formas lexicais que estão associadas a esses conteúdos (RATINAUD e MARCHAND, 2012; CAMARGO e JUSTO, 2013; COMUNELLO *et al.*, 2020).

Baseada no algoritmo desenvolvido inicialmente pelo engenheiro francês Max Reinert (c. 1951), a CHD identifica e procede a tabulação da presença ou ausência das palavras em cada frase do *corpus* textual. Essa tabela é dividida em dois (2) *clusters* diferentes entre si, sendo o maior desses desmembrado em outros dois (2), e em seguida repete-se a bifurcação do maior *cluster* até que, por padrão, dez (10) rodadas tenham sido realizadas ou que mais nenhuma outra divisão possa ser feita (RATINAUD e MARCHAND, 2012; SMALLMAN, 2018). O resultado é apresentado em um esquema hierárquico, conhecido como dendrograma, que permite a verificação das relações e similaridades entre as classes (CAMARGO e JUSTO, 2013).

A AFC é obtida em decorrência da CHD, aproximando-se de uma espécie de função interna. Na AFC é realizado o teste estatístico chi-quadrado (χ^2), utilizado para mostrar a força associativa entre as palavras e suas respectivas classes. Como resultado, os diferentes agrupamentos de palavras são apresentados em um plano cartesiano que constituem cada uma das classes que emergiram na CHD, demonstrando as interrelações existentes entre os *clusters*. Além disso, através da AFC é possível conhecer as variadas palavras associadas às classes e recuperar os segmentos de texto mais característicos de cada uma delas para interpretação qualitativa por parte do pesquisador. De tal modo, vale destacar que o IRAMUTEQ não conclui qualquer análise, cabendo ao pesquisador o papel de agente interpretativo sobre os resultados (CAMARGO e JUSTO, 2013; RATINAUD, 2014; KAMI *et al.*, 2016; DÍAZ-ISO *et al.*, 2020).

A Análise de Similitude é conduzida a partir da matriz de coocorrências construída pelo *software*, analisando todo o *corpus* textual e levando em consideração apenas as formas lexicais e segmentos de texto incluídas em cada *cluster* da CHD (RATINAUD e MARCHAND, 2012; COMUNELLO *et al.*, 2020). Em linguística, a coocorrência é a frequência de ocorrência de dois (2) termos, um ao lado do outro, em determinada ordem. Nesse sentido linguístico, tal fato pode ser interpretado como um indicador de proximidade semântica (SPENCE e OWENS, 1990).

Baseada na teoria dos grafos, a Análise de Similitude visa examinar a proximidade e as relações entre os elementos do *corpus* textual, revelando as vinculações. O resultado contém um grafo de árvore, um conectado e um acíclico, representados em um único diagrama. Graficamente, permite a representação dos vocábulos nos “núcleos” ou “nós” e das conexões entre eles através de linhas, cujos elos retratam a proximidade semântica. O tamanho das formas lexicais e a espessura dos elementos de ligação no grafo é proporcional à frequência da matriz de coocorrências (RATINAUD e MARCHAND, 2012; COMUNELLO *et al.*, 2020).

3.2 Abordagem Quantitativa

O propósito da abordagem predominantemente quantitativa foi utilizar técnicas matemáticas e estatísticas para estabelecer o retrato da HT, e determinar o conjunto de variáveis e parâmetros mais influente no processo de inovação tecnológica, em consonância com a teoria da HT no caso brasileiro, utilizando dados disponíveis de universidades públicas. Também, foi possível a visualização de como tais instituições de ensino contribuem nesse modelo de inovação tecnológica, permitindo a comparação dos resultados alcançados com outras análises qualitativas e/ou quantitativas disponíveis na literatura da HT. Antes de iniciar a coleta e tratamento dos dados, foi necessário selecionar os objetos de estudo. O número de patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) foi o critério utilizado. Inicialmente, selecionou-se 16 universidades públicas com maior número de depósitos no ano de 2017, que estão listadas no Quadro 3.2. É possível observar que as instituições com os melhores resultados estão situadas nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, somente uma (1) instituição está localizada no Centro-Oeste.

O levantamento dos dados para as análises quantitativas foi feito, inicialmente, a partir da leitura dos Relatórios de Gestão das universidades selecionadas para este estudo (Quadro 3.2). Os Relatórios de Gestão foram a opção de busca considerada por se tratar de uma obrigação legal das universidades federais, que configuram a maioria das instituições selecionadas na amostra (UFBA, UFPE, UFSCar, UFV, UFPR e UFRGS), além de serem considerados dados oficiais. Nos casos em que não há obrigatoriedade de elaboração do Relatório de Gestão (Unesp e Unicamp), novas buscas foram realizadas em outras publicações da instituição, a exemplo de relatórios de atividades e anuários estatísticos.

Quadro 3.2 – Instituições selecionadas para a pesquisa, cujo critério utilizado foi o número de patentes depositadas no INPI.

Instituição	UF
Universidade de São Paulo (USP)	São Paulo
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	São Paulo
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	Minas Gerais
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	Paraná
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Rio Grande do Sul
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Rio de Janeiro
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp)	São Paulo
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Santa Catarina
Universidade Federal da Bahia (UFBA)	Bahia
Universidade de Brasília (UnB)	Distrito Federal
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Pernambuco
Universidade Federal do Ceará (UFC)	Ceará
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	Rio Grande do Norte
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	Minas Gerais
Universidade Federal de Sergipe (UFS)	Sergipe
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)	São Paulo

Fonte: Elaborado a partir de INPI (2018).

Os dados foram, portanto, coletados em relatórios ou anuários estatísticos indicados nas referências: UFBA (2019); UFPE (2019); UFSCar (2019); UFV (2019); UFPR (2019); UFRGS (2019); Unesp (2018); Unicamp (2018). No caso de dados sobre financiamento foram incluídas outras fontes de publicação, como relatórios de gestão setorial do CNPq (2019) e da CAPES (2019).

Para as análises quantitativas, foram utilizados dados de variáveis e parâmetros, entre os anos de 2008 e 2015. Cabe destacar que o recorte inicial do tempo considerou a disponibilidade de dados, visto que esses só haviam sido publicizados a partir do ano de 2008, e para o fim do período da análise considerou-se a Lei nº. 13.243/2016 (BRASIL, 2016). Mesmo após os recortes, entre as

instituições listadas no Quadro 3.2, algumas não estavam com todos os dados publicizados, portanto, foram analisados neste trabalho os dados daquelas listadas no Quadro 3.3, localizadas em três diferentes regiões brasileiras (Sul, Sudeste e Nordeste).

Quadro 3.3 – Instituições analisadas, o conjunto de dados se mostrou completo para oito instituições listadas, no período de 2008 a 2015.

Instituição	UF
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	São Paulo
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	Paraná
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Rio Grande do Sul
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp)	São Paulo
Universidade Federal da Bahia (UFBA)	Bahia
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Pernambuco
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	Minas Gerais
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)	São Paulo

Fonte: Elaborado a partir de INPI (2018).

Por fim, para maior qualidade dos anos e maior confiabilidade da análise, os dados foram ratificados pelas universidades através do Serviço de Informação ao Cidadão (SIC), federal ou estadual, conforme a natureza da instituição. Findo o processo de levantamento de dados, não houve dados ausentes para a amostra das 8 instituições listadas no Quadro 3.3. A seguir, estão detalhadas as duas abordagens quantitativas realizadas a partir dos dados coletados.

3.2.1 Primeira Abordagem Quantitativa

Nesta primeira análise quantitativa, foram incluídas as medianas dos valores anuais de doze (12) variáveis, com base na literatura (Tabela 4.1): (1) número de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq (CROSS *et al.*, 2017; JOVANOVIĆ *et al.*, 2019); (2) número de pesquisadores cadastrados no CNPq (CROSS *et al.*, 2017; JOVANOVIĆ *et al.*, 2019); (3) número de pesquisadores com doutorado cadastrados no CNPq (CROSS *et al.*, 2017; JOVANOVIĆ *et al.*, 2019); (4) número de docentes (CROSS *et al.*, 2017; NAVAS *et al.*, 2020); (5) número de docentes com doutorado (CROSS *et al.*, 2017; NAVAS *et al.*, 2020); (6) número de projetos de inovação em colaboração (LUENGO-VALDERREY *et al.*, 2020); (7) número de artigos publicados (CROSS *et al.*, 2017); (8) número de patentes depositadas (ZHAO *et al.*, 2015; LI *et*

al., 2020); (9) número de patentes concedidas (ZHAO *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2020); (10) número de contratos de transferência de tecnologia (ZHAO *et al.*, 2015; JOVANOVIĆ *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2020); (11) dinheiro gerado pela transferência de tecnologia (ZHAO *et al.*, 2015; JOVANOVIĆ *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2020); (12) financiamento (COCCIA, 2005; NAVAS *et al.*, 2020).

Conforme já citado, os dados foram extraídos de relatórios ou anuários estatísticos indicados nas referências (UFBA, 2019; UFPE, 2019; UFSCar, 2019; UFV, 2019; UFPR, 2019; UFRGS, 2019; Unesp, 2019; Unicamp, 2018; CNPq, 2019; CAPES, 2019), e foram organizados no Microsoft Excel®. O PyCharm®, *software* baseado na linguagem Python, da empresa tcheca JetBrains®, foi utilizado para elaborar o algoritmo do *software* DendroAnalysis, capaz de construir os dendrogramas. O PyCharm® é um ambiente de desenvolvimento integrado usado em programação de computadores. O *software* DendroAnalysis foi criado para esta análise de HC, de acordo com a teoria descrita na Seção 3.2.1.1 a seguir, e o algoritmo teve como base o método de Ward (WARD JR., 1963), proposto pelo matemático americano Joe Henry Ward Jr. (1926 - 2011), nas seguintes etapas:

1. Cálculo da matriz de distâncias (Equação (2), apresentada a seguir) entre todos os pares de indivíduos padronizados (Equação (1), apresentada a seguir);
2. Seleção do par de indivíduos mais próximos (*clusters*), com distância mínima;
3. Cálculo da distância (Equação (2), apresentada a seguir) deste *cluster* para todos os outros indivíduos e grupos já formados;
4. Reconstrução da matriz de distância;
5. Reiteração o processo até que todos os indivíduos estejam agrupados;
6. Construção do dendrograma.

O OriginPro®, *software* desenvolvido pela OriginLab®, foi utilizado para realizar a análise de PCA, de acordo com a teoria descrita na Seção 3.2.1.2, com os seguintes passos:

1. Cálculo da covariância (Equação (4), apresentada a seguir);

2. A covariância foi usada para construir a álgebra matricial (Equação (5), apresentada a seguir). A solução da Equação (5) está relacionada a uma equação polinomial para cada autovalor;
3. Foram calculadas as porcentagens totais e acumuladas e considerados os respectivos autovalores de cada eixo (Equação (6), apresentada a seguir);
4. Cada componente principal foi definido como uma combinação linear de parâmetros de dados padronizados (Equação (7), apresentada a seguir);
5. Em seguida, foi calculado o coeficiente de correlação (Equação (8), apresentada a seguir);
6. Finalmente, o *biplot* foi construído.

3.2.1.1 Análise de Agrupamentos

A análise de agrupamentos ou de *clusters* representa um conjunto de técnicas multivariadas que podem ser aplicadas quando se pretende verificar a existência de comportamentos semelhantes entre observações em relação a determinadas variáveis e o objetivo de criar aglomerados ou conglomerados (*clusters*), nos quais prevalece a homogeneidade interna. Portanto, esta análise tem como objetivo principal a alocação de observações (neste caso, universidades) em pequena quantidade de agrupamentos internamente homogêneos e heterogêneos entre os grupos (HAIR *et al.*, 2019).

As técnicas de análise de agrupamento são consideradas exploratórias ou interdependentes, pois suas aplicações não são preditivas para outras observações não presentes inicialmente na amostra. A inclusão de novas observações torna necessária a reaplicação da modelagem, para que, eventualmente, novos *clusters* sejam gerados. Além disso, a inclusão de novas variáveis também pode causar um rearranjo completo das observações nos grupos (HAIR *et al.*, 2019; FÁVERO e BELFIORE, 2020). O primeiro artigo sobre agrupamento, ainda tratando de aspectos qualitativos, foi feito pelos antropólogos americanos Harold Edson Driver (1907 – 1992) e Alfred Louis Kroeber (1876 – 1960) em 1932. E o primeiro livro sobre análise de agrupamento foi escrito pelo americano psicólogo Robert Choate Tryon (1901 – 1967) em 1939 (NASCIMENTO, 2022).

Para aplicar a análise de *cluster* é necessário escolher uma medida de distância ou similaridade ((dis)similaridade), que servirá de base para que as observações sejam consideradas mais distantes ou mais próximas. Também deve ser definido o esquema de agrupamento, que será definido entre métodos hierárquicos e não hierárquicos. Enquanto os primeiros permitem identificar a ordenação e alocação das observações, oferecendo possibilidades para o pesquisador estudar, avaliar e decidir sobre o número de *clusters* formados, nos não hierárquicos parte-se da definição do número de *clusters* e, em seguida, procede-se a alocação das observações nesses *clusters* com posterior avaliação da representatividade de cada variável para sua formação (NASCIMENTO, 2022). Portanto, o resultado de um método (hierárquico) pode servir de insumo para a realização do outro (não hierárquico), embora não haja garantia de que ambos os forneçam os mesmos resultados (HAIR *et al.*, 2019; FÁVERO e BELFIORE, 2020).

O método de agrupamento utilizado neste trabalho foi o hierárquico, pois, considerando que não havia informação prévia sobre o número de grupos existentes, este método é o mais adequado (HAIR *et al.*, 2019; JOHNSON e WICHERN, 2007). A HC, também conhecida como dendrogramação, é um método quantitativo de classificação e pode ser vista como uma espécie de taxonomia numérica. Os dendrogramas são representações de dados pictográficos com muitas dimensões ou variáveis, que são contrastadas em função das distâncias entre os valores de tais variáveis. Como técnica computacional, ocorre na forma de uma matriz fenotípica de elementos dendrodistantes $d_{i,j}$ (SOKAL e MICHENER, 1958; SNEATH e SOKAL, 1962; SOKAL e SNEATH, 1963) considerando uma matriz X de dados brutos com t linhas (ou rótulos ou objetos) e n colunas.

Primeiro é importante considerar os dados transformados por uma matriz padronizada Z de uma matriz de dados original X com t linhas (observações ou rótulos) e n colunas. Do ponto de vista prático, os dados brutos da Tabela 4.1 foram representados por uma matriz X composta por $n = 12$ variáveis (X_1 como número de grupos de pesquisa; X_2 como número de pesquisadores; X_3 como número de pesquisadores doutores...) e $t = 8$ universidades (ou selos).

Cada Z_i (para um k fixo ou universidade) pode ser descrito por:

$$Z_i = \frac{X_i - X_i^{min}}{X_i^{max} - X_i^{min}} \quad (1)$$

em que X_i^{min} é o valor mínimo e X_i^{max} é o valor máximo para cada Z_i .

Segundo Fávero e Belfiore (2020), a métrica euclidiana é a mais utilizada na análise hierárquica de *cluster*. Levou-se em consideração tal distância, que associa dois (2) elementos padronizados, Z_i e Z_j de um conjunto de dados, caracterizados por t linhas e n colunas (variáveis e parâmetros, conforme Hair *et al.* (2019)):

$$d_{i,j} = \sqrt{\sum_{k=1}^t (Z_{i,k} - Z_{j,k})^2} \quad (2)$$

cujo k é o rótulo para cada uma das t universidades de n valores característicos e $d_{i,j}$ é a distância euclidiana entre os elementos padronizados Z_i e Z_j definidos pela Equação (1). Em outras palavras, $Z_{i,k}$ é o valor da variável Z_k para o objeto i , e $Z_{j,k}$ é o valor da mesma variável para o objeto j . A partir da Equação (2) é possível observar que a distância é zero considerando o mesmo objeto, e as distâncias entre Z_i e Z_j são iguais a Z_j e Z_i .

O procedimento fornece níveis de distância ou similaridade ((dis)similaridade) devido às respectivas distâncias entre subconjuntos através de linhas horizontais pontilhadas em dendrogramas. Esse foi utilizado para analisar a inovação em algumas universidades brasileiras, de forma semelhante à proposta por Sokal e colaboradores (SOKAL e MICHENER, 1958; SNEATH e SOKAL, 1962; SOKAL e SNEATH, 1963). Tal técnica trata da classificação e ordenação de universidades com características semelhantes.

3.2.1.2 Análise por Componentes Principais

A PCA extrai informações relevantes ao reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados e, assim, determinar as variáveis mais significativas, denominadas componente principal (PC, sigla derivada do termo em inglês: *Principal Component*), que respondem pela maior parte da variância dos dados (JOLLIFFE, 2002).

Dadas t observações em n variáveis, o objetivo da PCA é reduzir a dimensionalidade da matriz de dados X encontrando p novas variáveis com $p < n$. Assim, o primeiro PC é a direção ao longo dos dados que explica a maior variância. O segundo PC e os subsequentes devem ser ortogonais ao PC anterior e descrever a quantidade máxima da variância restante (HAIR *et al.*, 2019; JOLLIFFE, 2002).

A PCA é um caso singular de transformação dos dados originais em novo sistema de coordenadas com menos variáveis e em ordem de importância em termos de variância dos dados. Se na matriz X os dados originais envolvem n colunas que correspondem a diversos parâmetros e cada linha corresponde a uma universidade, então cada dado pode ser considerado como um ponto em um espaço vetorial multidimensional. Os fundamentos da PCA são creditados a Pearson (1901) e Hotelling (1933).

Resumidamente, a variância $Var(X_i, X_i)$ é uma “medida de dispersão de dados” considerando uma única variável X_i , $1 < i < n$:

$$Var(X_i, X_i) = \sum_{i=1}^t \frac{(X_i - \bar{X}_i)^2}{t-1}. \quad (3)$$

em que \bar{X}_i corresponde à média da variável considerada.

A covariância é semelhante à variância, mas considera dados de variáveis diferentes, ou seja, X_i e X_j , com $i \neq j$:

$$Cov(X_i, X_j) = \sum_{i=1}^t \frac{(X_i - \bar{X}_i)(X_j - \bar{X}_j)}{t-1}, \text{ para cada } i \neq j. \quad (4)$$

A covariância indica a direção da relação linear entre as variáveis. O procedimento da PCA pode ser expresso de forma concisa em termos de álgebra matricial (JOLLIFFE, 2002), dada abaixo.

A equação de autovalor pode ser descrita como:

$$\begin{vmatrix} Cov(Z_1, Z_1) - \lambda & Cov(Z_1, Z_2) & \dots & Cov(Z_1, Z_{12}) \\ Cov(Z_2, Z_1) & Cov(Z_2, Z_2) - \lambda & \dots & Cov(Z_2, Z_{12}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Cov(Z_{12}, Z_1) & Cov(Z_{12}, Z_2) & \dots & Cov(Z_{12}, Z_{12}) - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

A solução está relacionada a uma equação polinomial em λ , com doze raízes: $\lambda_1, \lambda_2 \dots$ e λ_{12} (para $n = 12$). O percentual de relevância de cada PC é obtido por (JOLLIFFE, 2002):

$$\frac{\lambda_i}{\sum_i^n \lambda_i} = \frac{Var(Z_i, Z_i)}{\sum_i^n Var(Z_i, Z_i)} \quad (6)$$

A partir desse procedimento, os autovetores ligados a cada $\lambda_i = Var(Z_i, Z_i)$ representam os cossenos diretores (ou a contribuição que cada um dos eixos originais dá à composição dos novos eixos), denominados PC_k . Os autovalores, por sua vez, correspondem à quantidade de variância original para os respectivos autovetores, seguindo a ordem de relevância relacionada a cada PC_k : $\lambda_i > \lambda_j > \dots > \lambda_n$ e com $\lambda_i + \lambda_j + \dots + \lambda_n = n$.

Cada PC_k é uma combinação linear de variáveis Z_i , definidas como (HAIR *et al.*, 2019):

$$PC_k = \sum_{j=1}^n \alpha_{j,k} Z_j \quad (7)$$

cujo Z_j é o componente j padrão e o peso $\alpha_{j,k}$ é o j -ésimo coeficiente para o k -ésimo PC.

Finalmente, no sentido estatístico, duas variáveis, Z_i e Z_j , cada uma correspondendo a n variáveis e t rótulos, e suas respectivas médias, \bar{Z}_i e \bar{Z}_j , podem dar resultados em termos de um coeficiente de correlação, como segue (HAIR *et al.*, 2019; JOLLIFFE, 2002):

$$Corr(Z_i, Z_j) = \frac{Cov(Z_i, Z_j)}{\sqrt{Var(Z_i, Z_j)} \sqrt{Var(Z_i, Z_j)}}, \text{ para cada } i \neq j. \quad (8)$$

A partir da Equação (8) é possível observar que o coeficiente de correlação é a covariância de duas variáveis Z_i e Z_j dividida pelo produto de suas variâncias de raiz quadrada. A correlação, que depende da covariância, indica tanto a força quanto a

direção da relação linear entre duas variáveis. No entanto, ao contrário da covariância, é adimensional.

O coeficiente de correlação é creditado a Galton (1890) e Pearson (1896) e seu valor deve estar entre -1 e $+1$. O coeficiente de $+1$ especifica que duas variáveis são perfeitamente correlacionadas positivamente: à medida que uma variável aumenta, a outra também aumenta em quantidade comparável. No entanto, isso não significa que a alteração em uma variável faça com que a outra mude, apenas que suas mudanças coincidem. Por outro lado, o coeficiente de -1 mostra a relação negativa perfeita: se uma variável aumenta, a outra diminui em quantidade comparável. Um coeficiente de zero implica que não há relação linear entre elas.

Tanto a HC quanto a PCA são técnicas exploratórias multivariadas que podem ser utilizadas em qualquer estudo em que o pesquisador tenha como objetivo compreender a relação entre variáveis sem a necessidade de estimar previsões de comportamento dos dados. Os principais objetivos dos modelos exploratórios referem-se à redução ou simplificação estrutural dos dados, à classificação ou agrupamento de observações e variáveis e à existência de correlação entre variáveis métricas. Essas são técnicas relevantes para desenvolver diagnósticos sobre o comportamento de dados e observações (FÁVERO e BELFIORE, 2019).

Enquanto o HC é geralmente utilizado quando se deseja estudar comportamentos semelhantes entre observações em relação a determinadas variáveis métricas, o PCA, por sua vez, é usado para criar outras variáveis que capturam o comportamento conjunto daquelas originais. Comumente, são utilizadas de forma independente, mas em conjunto (como feito neste trabalho), uma vez que essas técnicas aumentam a segurança e a precisão da análise e permitem a ordenação e alocação das observações em grupos internamente homogêneos e heterogêneos entre si, além de permitir a redução estrutural no número de variáveis ou parâmetros em análise (FÁVERO e BELFIORE, 2019). É possível afirmar que ferramentas tão distintas podem ser utilizadas de forma complementar para melhor interpretar os resultados da HT, conforme apresentado adiante nos parágrafos correspondentes.

3.2.2 Segunda Abordagem Quantitativa

Para esta segunda abordagem quantitativa, a escolha das variáveis e parâmetros foi inspirada nos trabalhos de Zhao *et al.* (2015) e De La Torre *et al.* (2021), considerando as particularidades das universidades brasileiras. Na Tabela 4.6 estão apresentadas as medianas dos valores anuais de todas as 76 variáveis e parâmetros que incluem aspectos relevantes sobre as contribuições das universidades brasileiras para a inovação tecnológica, como instituições atuantes no processo, mas não diretamente responsáveis pela inovação em si, segundo o modelo da HT (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017).

O acréscimo na quantidade de variáveis, em relação à primeira abordagem quantitativa, objetivou incluir mais características das universidades, enquanto hélice da HT. Assim, tornou-se possível um retrato mais detalhado das contribuições dessas instituições para a inovação tecnológica. Foram, então, considerados aspectos quantitativos do ambiente interno das instituições, como docentes e discentes, participação deles em grupos de pesquisa, produção de artigos e de propriedade intelectual. Também foram consideradas as interações externas com outros atores da inovação, de acordo com a teoria da HT, por meio de financiamento público, projetos de inovação em colaboração com terceiros, acordos de transferência de tecnologia e dinheiro arrecadado com essa transferência.

Assim, na Tabela 4.6 as variáveis e parâmetros descrevem: docentes; discentes; ambiente de pesquisa; publicação de artigos; patentes depositadas e concedidas; interações entre universidades e governo; e interações entre universidades e indústria. Conforme citado, os dados foram extraídos de relatórios ou anuários estatísticos indicados nas referências (UFBA, 2019; UFPE, 2019; UFSCar, 2019; UFV, 2019; UFPR, 2019; UFRGS, 2019; Unesp, 2019; Unicamp, 2018; CNPq, 2019; CAPES, 2019).

As análises desta segunda abordagem quantitativa foram realizadas no *software* IBM® SPSS®, base 2020 (20.0), aplicado às $n = 76$ variáveis, nas observações das $p = 8$ universidades brasileiras no período de 2008 a 2015. A mudança no *software* teve como objetivo garantir que diferentes algoritmos chegassem a resultados semelhantes, conferindo maior confiabilidade. Para a análise de

agrupamento, novamente, foi necessária a padronização, visto que os dados apresentavam diferentes escalas. Também para maior confiabilidade dos resultados, desta vez foi utilizado o método *Z-score*, no qual cada dado original $X_{i,p}$ foi transformado em dado padronizado $Z_{i,p}$ a partir da relação:

$$Z_{i,p} = \frac{X_{i,p} - \bar{X}_{i,p}}{S_X} \quad (9)$$

em que $\bar{X}_{i,p}$ consiste na média e S_X o respectivo desvio padrão do parâmetro $X_{i,p}$, definido por:

$$S_X = \sqrt{\sum_{j=1}^p \frac{(X_{i,j} - \bar{X}_{i,j})^2}{j-1}} \quad (10)$$

levando em conta p universidades e n variáveis. Essa padronização tem o efeito de minimizar as diferenças dos grupos, pois se os grupos estiverem bem separados pela variável original $X_{i,j}$, então a variância S_X^2 deve ser alta. O procedimento simplifica e reduz o conjunto de dados multidimensional de diferentes elementos.

3.2.2.1 Análise Hierárquica de *Clusters*

Nesta segunda abordagem quantitativa, para a HC, a medida de distância, também conhecida como medida de dissimilaridade foi a distância euclidiana, assim como na primeira abordagem quantitativa. A métrica euclidiana associa dois (2) elementos padronizados, $Z_{j,k}$ e $Z_{i,k}$ (de um conjunto de dados, caracterizado por p linhas e n colunas), seguindo a Equação (2), apenas substituindo t por p , e em que k corresponde ao índice de cada p universidades a partir de n valores de características e $d_{i,j}$ é a distância euclidiana entre os elementos padronizados Z_i e Z_j (mais precisamente as p variáveis relacionadas aos elementos $Z_{i,k}$ ou $Z_{j,k}$). Em outras palavras, $Z_{i,k}$ corresponde ao valor da variável Z_k do objeto i , e $Z_{j,k}$ ao valor da mesma variável para o objeto j .

Dentre todos os algoritmos aglomerativos disponíveis no SPSS®: *single linkage*, *complete linkage*, *average linkage* e *Ward linkage*, foi considerado o método de *Ward linkage*, seguindo as atividades (Ward, 1963), de modo similar ao apresentado no item 3.2.1, contudo, com a diferença que a padronização foi feita a partir da Equação (9):

1. Cálculo da matriz de distâncias (Equação (2)) entre todos os pares de indivíduos padronizados (Equação (9));
2. Seleção do par de indivíduos mais próximos (*clusters*), com distância mínima;
3. Cálculo da distância (Equação (2)) deste *cluster* para todos os outros indivíduos e grupos já formados;
4. Reconstrução da matriz de distância;
5. Reiteração o processo até que todos os indivíduos estejam agrupados;
6. Construção do dendrograma.

O procedimento resultante fornece níveis de dissimilaridades pelas respectivas distâncias entre os subconjuntos por meio de linhas verticais em dendrogramas, que é um diagrama capaz de exibir os *clusters* formados pelo agrupamento de observações em cada etapa e seus níveis de dissimilaridade. Utilizando o esquema de agrupamento de Ward (WARD, 1963), no SPSS® foi construído o dendrograma, considerando a mediana de cada variável/parâmetro entre 2008 e 2015. O objetivo foi identificar agrupamentos homogêneos entre as variáveis, que são representados por pontos no espaço n -dimensional em número conveniente de grupos, relacionando-os através de coeficientes de dissimilaridade.

O mesmo procedimento foi repetido ano após ano. No entanto, como em alguns anos as universidades não apresentavam dados com parâmetros diferentes de zero, isso promoveu o surgimento de parâmetros $X_{i,k}$ nulos, impossibilitando o uso da HC, que requer inversão de matrizes. A utilização de técnicas auxiliares, como a Análise de Variância (ANOVA)¹⁴ pode ajudar a excluir tais parâmetros, mas deu-se preferência à análise do período total, que permitiu a comparação entre as instituições utilizando todos os parâmetros.

¹⁴ A Análise de Variância (ANOVA) é uma fórmula estatística usada para comparar as variâncias entre as medianas (ou médias) de grupos diferentes (FÁVERO e BELFIORE, 2019).

3.2.2.2 Escalonamento Multidimensional

O procedimento conhecido como MDS utiliza a matriz de dissimilaridade para criar um gráfico que permite a representação espacial das posições relativas de cada observação de forma bidimensional, independentemente da quantidade total de variáveis, para que possam ser visualizadas com mais facilidade (HAIR *et al.*, 2019; FÁVERO e BELFIORE, 2020).

No modelo de MDS, as distâncias (dissimilaridades) obtidas no espaço de representação devem corresponder o mais próximo possível das distâncias observadas na matriz original. Entre outros, essa técnica foi proposta pelos americanos Warren Stanley Torgerson (1924 - 1999, meteorologista e psicólogo) e Joseph Bernard Kruskal Jr. (1928 - 2010, matemático). Segundo Hair *et al.* (2019), o MDS, diferentemente de outras técnicas multivariadas, não emprega uma variável estatística. Em vez disso, as variáveis que formariam a variável estatística (ou seja, dimensões perceptuais de comparação) são inferidas de medidas globais de dissimilaridade entre objetos. Em analogia simples, seria como fornecer a variável dependente (dissimilaridade entre objetos) e descobrir quais deveriam ser as independentes (dimensões perceptivas).

Foi aplicado o MDS ALSCAL disponível no SPSS®, que utiliza dois (2) indicadores: estresse e índice de qualidade de ajuste (*goodness of fit index*). O estresse foi criado pela fórmula de Joseph Bernard Kruskal Jr. (1928 - 2010) em 1964, que relaciona essencialmente os erros ou falta de ajuste de um modelo linear com os dados originais reescalados. Para Kruskal (1964), quanto menor o valor do indicador, melhor o ajuste, pois os valores reduzidos indicam pequenos erros para o modelo em questão. De acordo com Corrar *et al.* (2007), o índice de qualidade de ajuste é uma correlação quadrada que busca mostrar a proporção de variação das dissimilaridades redimensionadas, explicadas pelas distâncias obtidas através do modelo em análise.

O estresse é calculado usando a Equação (11):

$$\sigma(X) = \sum_{j < k \leq n} W_{jk} (D_{jk} - d_{jk}) \quad (11)$$

em que D_{jk} representa a dissimilaridade original entre os indivíduos j e k , e d_{jk} é a distância euclidiana obtida representando os mesmos indivíduos; W_{jk} é o peso da proximidade jk , considerando n observações.

Por fim, é importante destacar que nesta segunda abordagem quantitativa também se aplicou duas (2) análises multivariadas exploratórias diferentes de forma integrativa. Conforme já citado, em conjunto, essas técnicas aumentam a segurança e a precisão da análise (FÁVERO e BELFIORE, 2019). É possível afirmar, ainda, que quando ferramentas tão distintas são utilizadas de forma complementar é possível eliminação da maior parte do ruído experimental (HAIR *et al.*, 2019) e, assim, melhor interpretar os resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão da presente tese estão apresentados no formato dos artigos, submetidos ou publicados, com vista a responderem aos objetivos propostos neste estudo:

- Artigo 1: ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. Hélice Tríplice no Contexto Brasileiro: a Contribuição das Universidades na Inovação Tecnológica. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v.19, n. 55, 2023. <https://dx.doi.org/10.3895/rts.v19n55.15122>;
- Artigo 2: ANDRADE, E. P.; PEREIRA, J. S.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. An Exploratory Analysis of Brazilian Universities in the Technological Innovation Process [Uma Análise Exploratória das Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica]. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 182, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121876>;
- Artigo 3: ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. Exploring the Triple Helix Synergy in Brazilian Universities by Means of Multivariate Exploratory Analysis [Explorando a Sinergia da Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras por Meio da Análise Exploratória Multivariada]. **Triple Helix Journal** (Submetido).

4.1 Hélice Tríplice no Contexto Brasileiro: a Contribuição de Universidades na Inovação Tecnológica

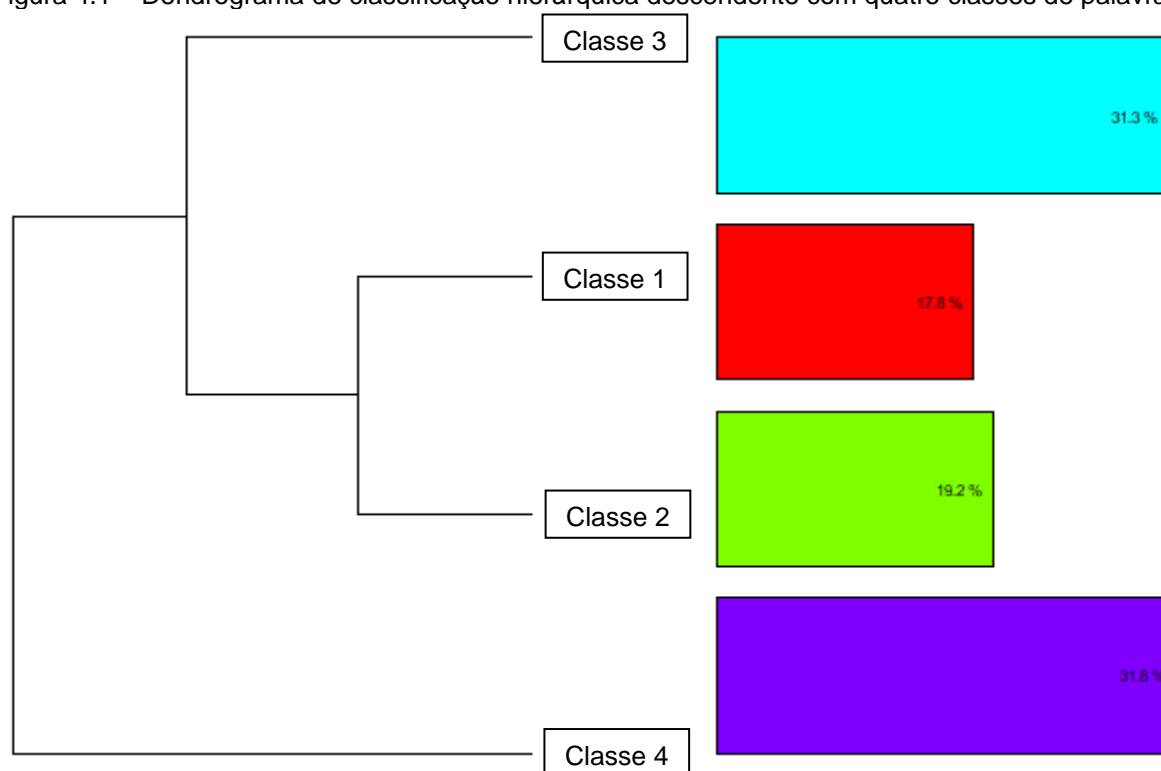
4.1.1 Resultados da Abordagem Qualitativa

Na CHD, pelo método de Reinert, 214 segmentos de texto foram aproveitados do total de 241, sendo assim, 88,8% seguiram para a análise. Quatro (4) *clusters* emergiram da associação entre os vocábulos, formando quatro (4) classes de palavras distintas, conforme se observa na Figura 4.1. Pode-se notar nessa Figura a porcentagem de segmentos de texto que a compõe: Classe 1, com 38 segmentos de texto, representando 17,8%; Classe 2, com 41 segmentos, equivalendo a 19,2%;

Classe 3, com 67 segmentos, o que representa 31,3% e; Classe 4, com 68 segmentos de texto, ou seja, 31,8% (ANDRADE *et al.*, 2023).

Analisando o dendrograma apresentado na Figura 4.1, nota-se que o algoritmo do IRAMUTEQ, com base no vocabulário, dividiu, inicialmente, o *corpus* textual em dois (2) *clusters*, sendo que um (1) deles, o maior, foi repartido, e o menor originou a Classe 4. Dessa segunda separação emergiram dois (2) outros *clusters*, o menor, que se transformou na Classe 3, e o maior, desmembrado nas Classes 1 e 2. Não havendo nova possibilidade de separação, o *software* finalizou a análise. Na referida Figura essas quatro (4) classes estão apresentadas em duas (2) partes do dendrograma: a primeira engloba as Classe 3 e um (1) ramo formado pelas Classes 1 e 2 e; a segunda engloba a Classe 4. O resultado ressalta que as Classes 1 e 2 foram as mais semelhantes entre si (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.1 – Dendrograma de classificação hierárquica descendente com quatro classes de palavras.

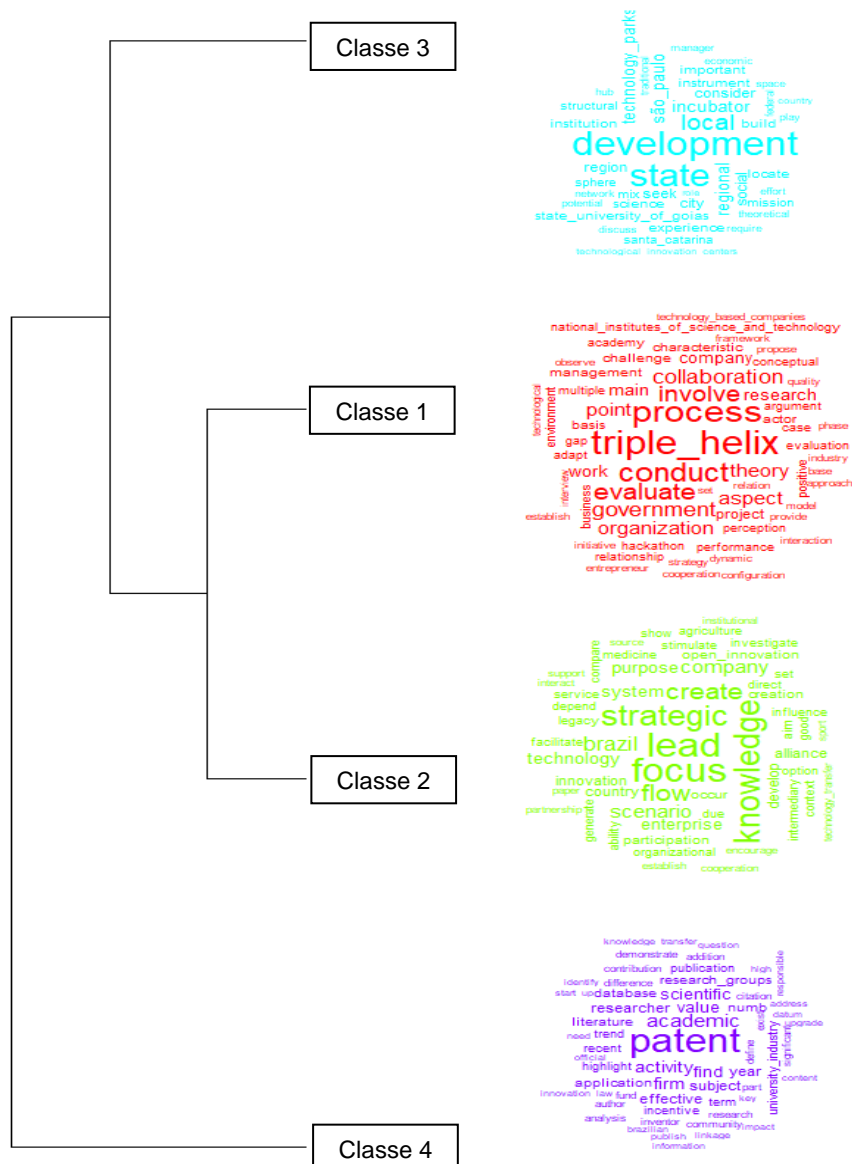


Fonte: Elaborada pelo autor no *software* IRAMUTEQ.

Na Figura 4.2 observa-se as palavras com maior ocorrência em cada Classe. Cada *cluster* trata de um tema específico, conforme os vocábulos que foram agrupados. No que diz respeito às frequências, a Classe 1 envolve termos que abordam a atuação das universidades, citadas neste trabalho, na HT e da interação

com os demais atores envolvidos na inovação tecnológica, segundo o modelo proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (1997). A Classe 2 trata da inovação e demais conceitos relacionados à matéria. A Classe 3 versa sobre o desenvolvimento econômico e social promovido pelas universidades enquanto atores da inovação tecnológica. A Classe 4 acerca-se da pesquisa acadêmica e das patentes. As associações entre as palavras de cada classe serão mais bem detalhadas a seguir, nos resultados da Análise de Similitude (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.2 – Nuvens das palavras com mais ocorrências em cada classe.

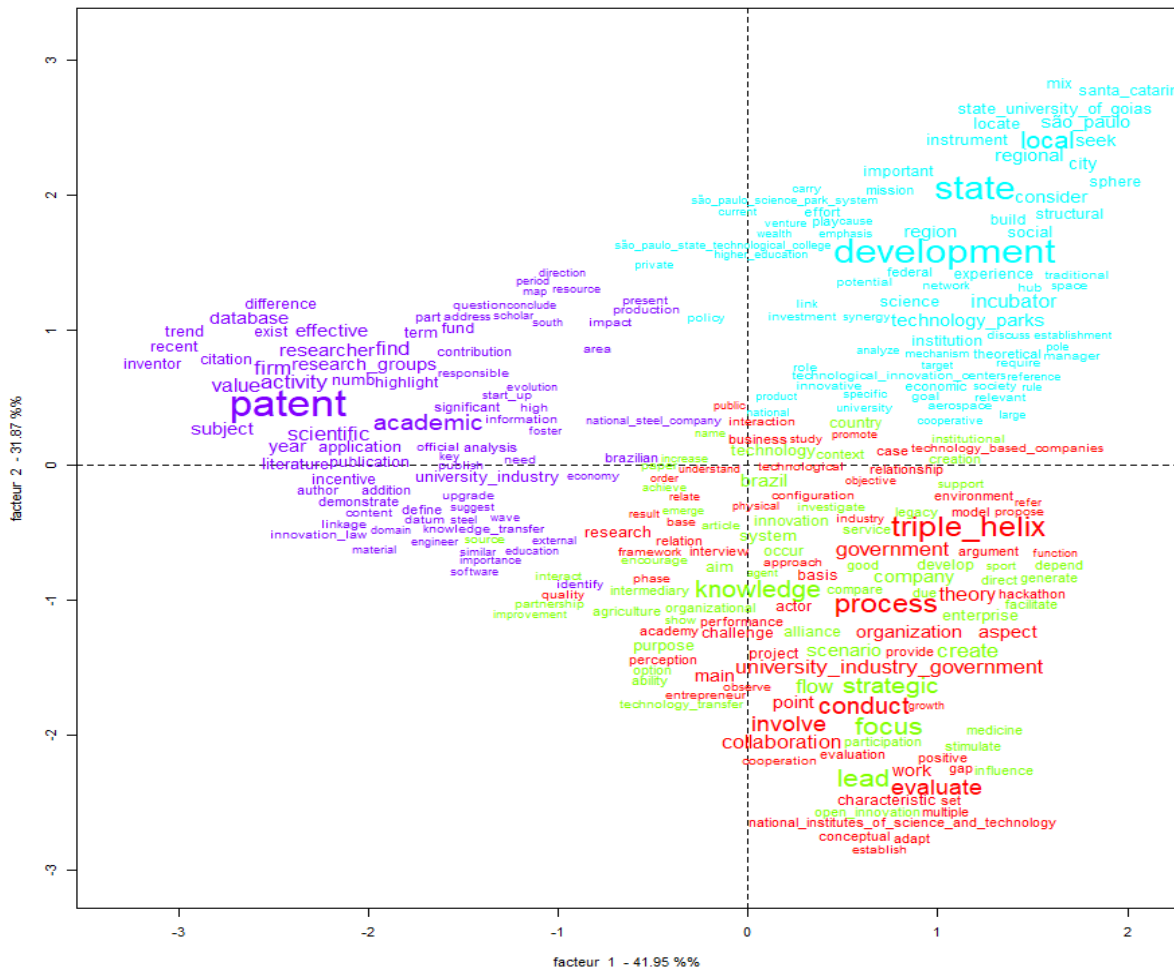


Fonte: Elaborada pelo autor no software IRAMUTEQ.

Nota: as palavras que, para esta análise, só fazem sentido em conjunto foram ligadas através do caractere “sublinhado”, a exemplo das ocorrências: “*technology_parks*”, “*são_paulo*”, “*triple_helix*”, “*open_innovation*”, “*technology_transfer*”, “*university_industry*” etc.

Na Figura 4.3 pode-se observar a AFC e a Pesquisa de Especificidades de Grupos das palavras distribuídas em cada Classe, e na Figura 4.4 os *abstracts* distribuídos entre elas. Através das Figuras 4.3 e 4.4, percebeu-se que as Classes 1 e 2 estão sobrepostas, ratificando o resultado mostrado no Dendrograma da CHD (Figura 4.1), que revelou maior similaridade entre os segmentos de textos delas. Essa particularidade pôde ser esclarecida com o uso da Análise de Similitude e será discutida à frente. Destacam-se nas análises que, apesar da proximidade no plano bidimensional, as representações apresentaram homogeneidade no tema e léxico adotados pelos *abstracts* agrupados em cada Classe e evidentes distinções entre as mesmas (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.3 – AFC das palavras que estão agrupadas em cada uma das quatro Classes que emergiram da CHD.

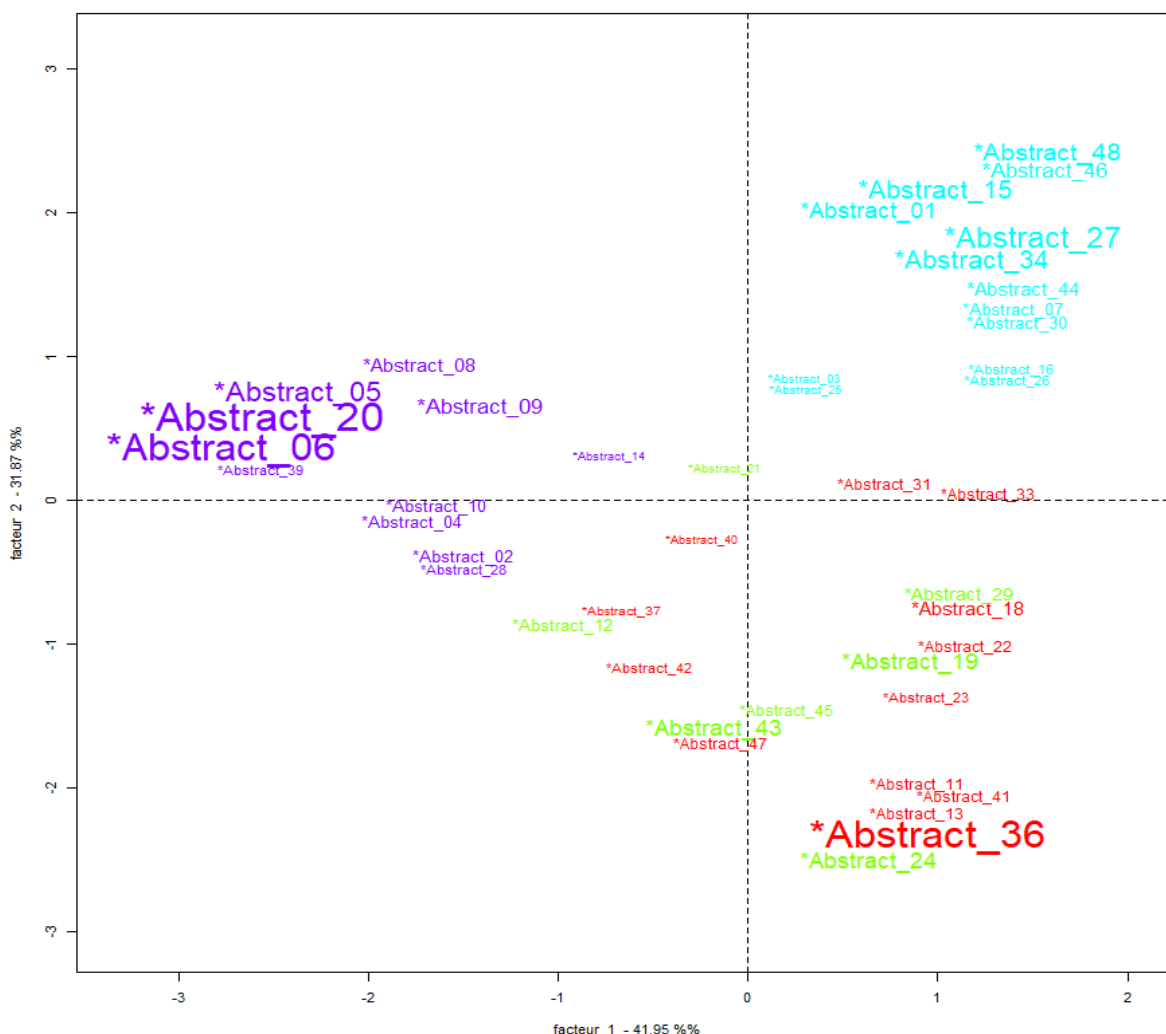


Fonte: Elaborada pelo autor no *software* IRAMUTEQ.

Nota: as palavras que, para esta análise, só fazem sentido em conjunto foram ligadas através do caractere “sublinhado”, a exemplo das ocorrências: “*triple_helix*”, “*university_industry*”, “*university_industry_government*”, “*são_paulo*” etc.

As Figuras 4.3 e 4.4 também mostram que as palavras e respectivas Classes estão de acordo por estarem dispostas em regiões similares do plano bidimensional. A Classe 1, representada em vermelho, e a Classe 2, em verde, estão no quarto quadrante, mas ocupam, também, parte do primeiro, segundo e terceiro. A Classe 3, na cor ciano, está no primeiro quadrante e em parte do segundo. A Classe 4, em roxo, está no segundo quadrante e parcialmente no terceiro (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.4 – AFC dos *abstracts* que estão agrupados em cada uma das quatro Classes que emergiram da CHD.

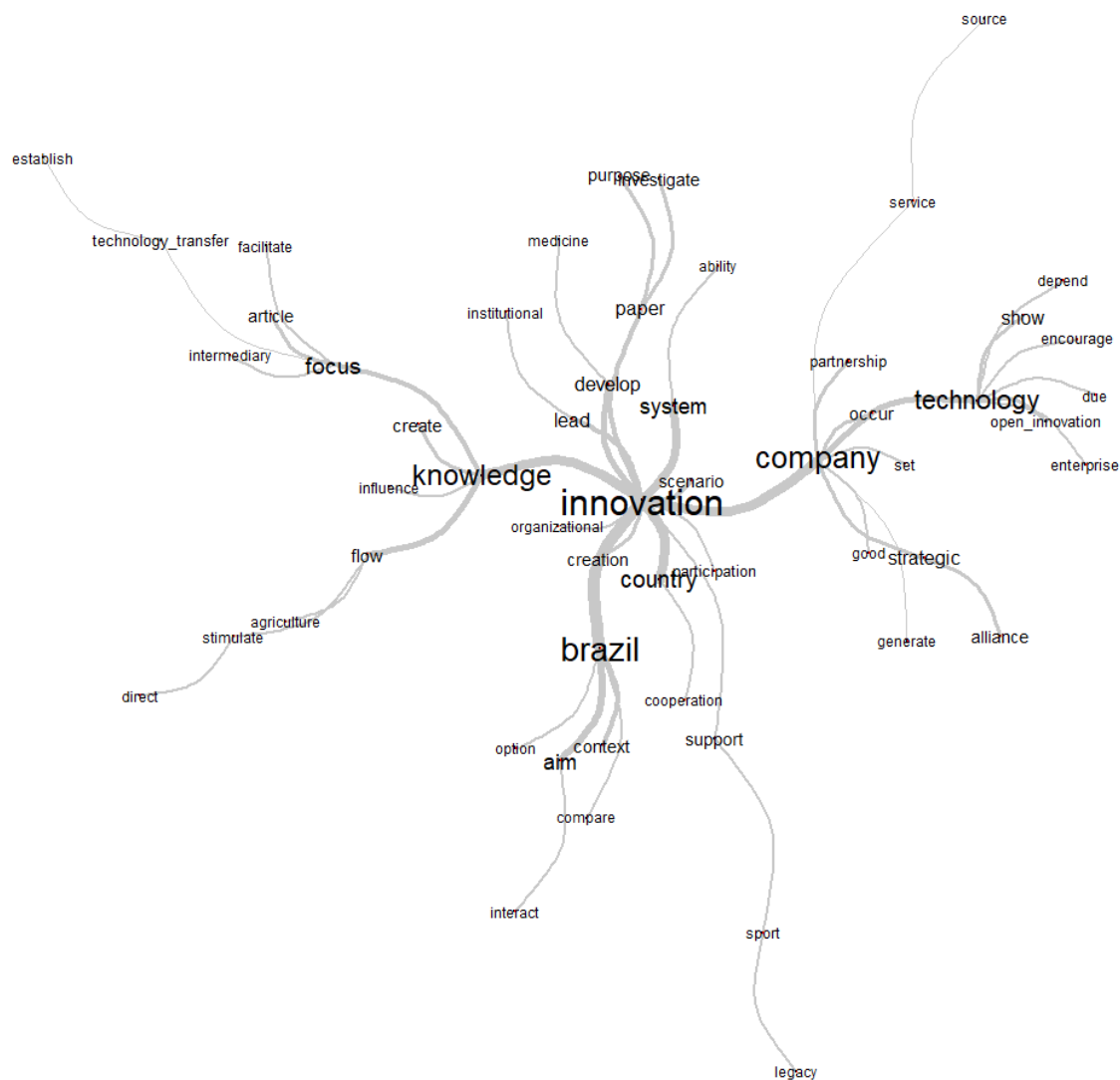


Fonte: Elaborada pelo autor no *software* IRAMUTEQ.

As Figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 mostram a Análise de Similitude para as Classes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A partir dessa análise foi possível identificar as conexões e a estrutura de conteúdo entre os vocábulos na construção de cada uma das Figuras. Elas apresentam tais estruturas, em que as principais palavras (vinculadas a maior

“government” e “process”. Isso resulta da matriz de coocorrência construída pelo IRAMUTEQ a partir da frequência de ocorrência simultânea desses vocábulos. Com essa Figura percebe-se que as maiores quantidades de coocorrências se deram entre “triple_helix” e as demais palavras que compuseram os nós. Ressalta-se, também, a ligação espessa entre “triple_helix” e “university_industry_government”. O nó “government”, por sua vez, está unido ao nó “company”; nota-se, ainda, que duas linhas mais densas despontam desse nó, conectando-o às palavras “business” e “industry”. O nó “process” está ligado ao “technological”. Entre o núcleo “triple_helix” e o nó “research” surgiu a palavra “interaction” (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.6 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 2.

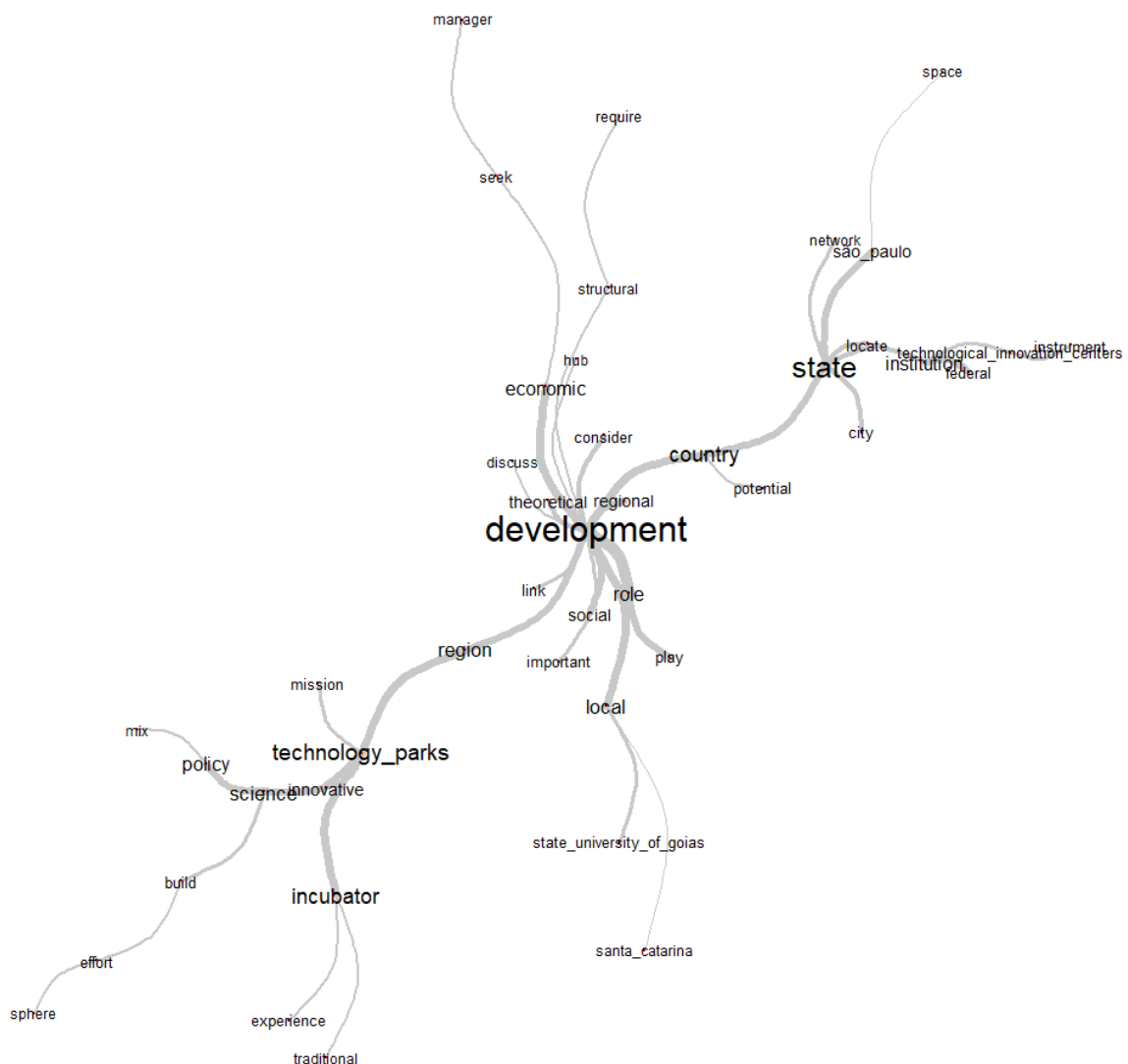


Fonte: Elaborada pelo autor no software IRAMUTEQ.

Nota: as palavras que, para esta análise, só fazem sentido em conjunto foram ligadas através do caractere “sublinhado”, a exemplo das ocorrências: “technology_transfer” e “open_innovation”.

Na Figura 4.6 observa-se que a palavra “*innovation*” forma o núcleo e conecta-se, através de ligação espessa, aos nós formados pelos termos “*knowledge*”, “*develop*”, “*Brazil*” e “*company*”. Percebe-se, além disso, a linha densa entre o núcleo “*innovation*” e os vocábulos “*system*”, “*lead*” e “*country*”. O nó “*knowledge*”, por sua vez, une-se aos nós “*flow*” e “*focus*”, e este à “*technology_transfer*”. O nó “*Brazil*” conecta-se às palavras “*aim*” e “*context*”. Ressalta-se, ainda, que entre o núcleo “*innovation*” e o nó “*Brazil*” surgiu a palavra “*creation*”. O nó “*company*” está ligado ao nó “*technology*”, e este à “*open_innovation*” (ANDRADE *et al.*, 2023).

Figura 4.7 – Análise de Similitude entre as palavras que estão agrupadas na Classe 3.



Fonte: Elaborada pelo autor no *software* IRAMUTEQ.

Nota: as palavras que, para esta análise, só fazem sentido em conjunto foram ligadas através do caractere “sublinhado”, a exemplo das ocorrências: “*technology_parks*”, “*são_paulo*” e “*technological_innovation_centers*”.

Na Figura 4.8 percebe-se que os termos “*patent*” e “*research*” formam os núcleos. Aquele está conectado, através de elemento de ligação espesso, aos nós formados pelas palavras “*academic*”, “*university_industry*” e “*brazilian*”; percebe-se também a linha densa entre “*patent*” e as palavras “*find*”, “*identify*” e “*production*”. Nota-se, ainda, que entre o núcleo “*patent*” e o nó “*university_industry*” surgiram os vocábulos “*aplication*” e “*researcher*”. Enquanto o núcleo “*research*” está conectado, através de ligação encorpada, aos nós “*scientific*” e “*research_groups*” (ANDRADE *et al.*, 2023).

4.1.2 Discussão dos Resultados da Abordagem Qualitativa

Conforme citado na metodologia, para a discussão dos resultados, procedeu-se a leitura na íntegra dos textos cujos *abstracts* foram incluídos no *corpus* textual. Com esse procedimento tornou-se possível organizar e sintetizar os diferentes conteúdos publicados sobre o tema, trazer à tona os princípios subjacentes e entender a contribuição das universidades na inovação tecnológica.

Considerando os resultados da CHD (Figuras 4.1 e 4.2), da AFC (Figuras 4.3 e 4.4) e da Análise de Similitude (Figura 4.5), a Classe 1 envolveu palavras que abordam a atuação das universidades na Hélice Tríplice e da interação com os demais atores envolvidos na inovação, segundo o modelo proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (1997). Na Figura 4.5 é possível ver a representação da HT, logo, pôde-se entender a dinâmica e as particularidades para o contexto brasileiro, que serão destacadas a seguir.

O modelo da HT caracteriza o tipo específico de cooperação formada pelas interrelações universidade-indústria-governo, entendendo-as como fundamentais para fomentar ambiente propício à inovação, geração e difusão do conhecimento necessário ao desenvolvimento da sociedade. Isso justifica a ligação entre “*triple_helix*” e “*university_industry_government*” na Figura 4.5. A HT defende a interação efetiva entre as funções dessas três esferas por meio da criação de redes de comunicação e difusão de conhecimento, bem como de um ambiente que estimule a inovação e, portanto, o desenvolvimento econômico e social (DESIDÉRIO e ZILBER, 2016; RIBEIRO e NAGANO, 2018; BENEVIDES *et al.*, 2020). É notável que

tal técnica de representação gráfica da Figura 4.5 estabelece, visualmente, o retrato da proposta da teoria da HT, incluindo as suas ramificações.

Em geral, os países emergentes, como o Brasil, apresentam baixo nível de avanço em P&D nas empresas, sendo que a maioria dessas atividades é realizada por meio do setor público, por institutos de pesquisa e universidades, o que explica, na Figura 4.5, a ligação do núcleo “*triple_helix*” ao nó “*research*”. No entanto, nessa mesma Figura, entre o núcleo “*triple_helix*” e nó “*research*” surgiu a palavra “*interaction*”, visto que, em relação ao ambiente universitário brasileiro, percebe-se a falta de sinergia entre as missões de ensino, pesquisa e extensão com atividades voltadas à inovação tecnológica; com fragmentação de funções, incluindo a cooperação universidade-indústria-governo (RIBEIRO e NAGANO, 2018; DALMARCO *et al.*, 2019; BENEVIDES *et al.*, 2020).

O setor de ensino superior e pesquisa pública no Brasil abrange parte significativa do NSI. Para ampliar as contribuições setor dessa esfera, consideradas a base para a sustentação das instituições de conhecimento no Brasil, o estímulo às relações universidade-indústria-governo tornou-se fundamental para a política de inovação brasileira (MOTTA *et al.*, 2018; RIBEIRO e NAGANO, 2018). Algumas tentativas foram promovidas pelo governo através de leis e políticas públicas, a exemplo daquelas listadas no Quadro 2.1, com destaque para a Lei nº. 10.973/2004, que ficou conhecida como Lei de Inovação, regulamentada pelo Decreto 5.563/2005 e alterada pela Lei nº. 13.243/2016, regulamentada pelo Decreto 9.283/2018. Também merece destaque a Emenda Constitucional 85/2015, que criou o SNCTI, nome dado ao NSI brasileiro.

As leis e políticas públicas, listadas no Quadro 2.1, enquanto iniciativas do governo brasileiro, refletem a ligação do núcleo “*triple_helix*” ao nó “*government*”, bem como as linhas espessas saindo deste até o nó “*company*” e às palavras “*business*” e “*industry*” na Figura 4.5. Cabe destacar que esses três termos, no contexto da HT, têm mesmo valor semântico e se referem às empresas.

Embora, no Brasil, as interações entre universidade-indústria-governo tenham aumentado desde a década de 1990, o foco principal ainda não é a formulação de políticas de ação integrada, mas a busca pelo financiamento público. Soma-se a isso a falta de dinamismo por parte das empresas e de demanda por novas tecnologias,

comprometendo o SNCTI como um todo (DESIDÉRIO e ZILBER, 2016; RIBEIRO e NAGANO, 2018; BENEVIDES *et al.*, 2020).

Nessa linha, Dalmarco *et al.* (2019) procederam um estudo comparativo entre os setores agrícola e aeroespacial no Brasil e na Holanda e perceberam alinhamentos limitados entre universidades e indústria, que continuam a desenvolver suas atividades separadamente, trabalhando juntos apenas de forma limitada e esporádica. Os autores destacaram que as iniciativas do governo brasileiro, por sua vez, não tiveram impacto significativo. Com isso, o SNCTI ainda não atingiu a maturidade alcançada por outros países, o que trouxe impacto negativo na inovação tecnológica.

Conforme Figura 4.5, a ligação do núcleo “*triple_helix*” ao nó “*process*”, e deste ao nó “*technological*” se justifica, pois, na teoria da HT a inovação foi vista como processo de tentativa e erro, resultado de processo iterativo e coletivo dentro de um conjunto de conexões entre pessoas e instituições que evoluem com o tempo, conforme defenderam Rosenberg (1974) e Kline e Rosenberg (1986). Nesses trabalhos, o processo de inovação foi retratado como um conjunto de atividades vinculadas por meio de complexos ciclos de *feedback* (modelo em cadeia).

Observando os resultados da CHD (Figuras 4.1 e 4.2), da AFC (Figuras 4.3 e 4.4) e da Análise de Similitude (Figura 4.6), a Classe 2 trata da inovação e demais conceitos relacionados ao tema. A inovação, cada vez mais, depende do fluxo de ideias, conhecimento e tecnologia de uma empresa para outra ou de universidades e institutos de pesquisa para a indústria (GUSBERTI e BRETAS, 2018). Considerando o exposto, explica-se, na Figura 4.6, as ligações entre o núcleo “*innovation*” e o termo “*knowledge*”.

Ainda na Figura 4.6, as ligações entre o nó “*knowledge*” e os nós “*flow*” e “*focus*”, e deste à “*technology_transfer*”, se justificam pela própria definição de economia do conhecimento, que é uma combinação complexa de elementos contextuais e culturais que potencializam os fluxos de informação e conhecimento. Nesse contexto, espera-se que as universidades desempenhem papel ativo na criação e disseminação dos saberes para a inovação (ROCHA *et al.*, 2015; DE MELLO *et al.*, 2016; GUSBERTI e BRETAS, 2018).

O elo entre “*innovation*” e o nó formado pela palavra “*develop*”, observado na Figura 4.6, se explica pelo defendido por Etzkowitz *et al.* (2005). De acordo com os autores, as universidades têm sido relacionadas às contribuições para o ambiente de

inovação, a geração de vantagens competitivas agregadas e como vetores de integração com comunidades de conhecimento. Por sua capacidade de geração de conhecimento científico e tecnológico, as universidades e instituições de pesquisa desempenham papel importante na capacidade tecnológica de um país. Essa função abrange tanto a missão de criação científica e tecnológica quanto de estreitamento de relações com o setor produtivo, com vistas ao desenvolvimento (DE MELLO *et al.*, 2016; GUSBERTI e BRETAS, 2018).

Apesar dos trabalhos incluídos na análise já trazerem tal entendimento, notou-se baixo aproveitamento das oportunidades de inovação com vistas ao desenvolvimento. Isso se alinha com os resultados do GII (WIPO, 2022), indicando que o Brasil não estava gerando inovações tecnológicas. O escore brasileiro de aproveitamento em relação ao investimento era pouco maior que 50%, enquanto nos países no topo do GII, estava na casa dos 80%.

As ligações entre o núcleo “*innovation*” e as palavras “*system*”, “*lead*” e “*country*” revelam que universidades brasileiras estão, gradativamente, criando condições favoráveis para o desenvolvimento científico e tecnológico, desenvolvimento e consolidação de ambientes propícios à inovação. A partir das novas leis publicadas no início do século XXI (*vide* Quadro 2.1), essas instituições começaram a promover vínculos com empresas e outros atores do território e a criar condições para o início das atividades de novos empreendimentos, tirando algumas tecnologias de seus limites, valorizando e explorando o conhecimento científico. No entanto, nota-se que a cooperação ainda é esporádica (ETZKOWITZ *et al.*, 2005; MOURA *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2015; DE MELLO *et al.*, 2016; GUSBERTI e BRETAS, 2018).

A eficácia das universidades no desempenho dos seus papéis na HT depende do contexto institucional específico do país e da estrutura regional. Isso explica o elo entre o núcleo “*innovation*” e o termo “*Brazil*”, e deste com as palavras “*aim*” e “*context*” na Figura 4.6, e que será detalhado nas Classes 3 e 4, discutidas adiante. Vale antecipar que essas especificidades impactaram na capacidade das universidades de se engajarem em interações eficazes com as empresas e em como os formuladores de políticas podem favorecer esses entrosamentos, conforme notou-se na Classe 1 (DE MELLO *et al.*, 2016; GUSBERTI e BRETAS, 2018).

Destaca-se, ainda na Figura 4.6, a ligação entre o núcleo “*innovation*” com o nó “*company*”, devido à relevância, para a inovação, da interação entre as universidades e o setor produtivo. O modelo da HT enfatiza o relacionamento entre universidade, indústria e governo, em nível local e nacional, para promover e apoiar a transferência de tecnologia. Isso também justifica o elo entre “*focus*” e “*technology_transfer*”, citado anteriormente. Nos países mais desenvolvidos a questão é, essencialmente, fornecer os incentivos apropriados para que universidades e pesquisadores se envolvam em atividades de transferência de tecnologia para as empresas. No Brasil, isso não foi suficiente e, segundo foi observado na Classe 1, o governo procedeu intervenções para promover e estimular a criação de vínculos universidade-indústria, que se deram na forma de leis e políticas públicas de fomento à inovação, financiamento público para pesquisas científicas e tecnológicas e incentivo ao empreendedorismo organizacional (ETZKOWITZ *et al.*, 2005; MOURA *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2015; DE MELLO *et al.*, 2016; GUSBERTI e BRETAS, 2018).

Na Figura 4.6, os nós “*company*” e “*technology*” estão interligados, e este, por sua vez, à expressão “*open_innovation*”. Isso se justifica porque, no modelo da HT, a *open innovation* representa paradigma emergente que visa diminuir a distância entre a indústria e o conhecimento científico e tecnológico das universidades. Quando as universidades são valorizadas pelas empresas brasileiras, o que se aprecia é como estas podem ser atualizadas por aquelas, no que diz respeito ao conhecimento técnico, e, raramente, enquanto parceiro para *open innovation* (GUSBERTI e BRETAS, 2018).

A perspectiva da inovação tecnológica enquanto processo, retratada na Classe 1, na qual o fluxo é de conhecimento, conforme mostra a Classe 2, justifica a sobreposição dessas duas classes nas Figuras 4.3 e 4.4. A preocupação de Rosenberg (1974) e Kline e Rosenberg (1986), compartilhada pelos textos das Classes 1 e 2, recai sobre a inovação como processo particular que se desenrola no tempo, e está circunscrito a um sistema. A HT ganhou destaque porque modelos demasiadamente reducionistas obscurecem peculiaridades da real dinâmica inovativa. A existência de múltiplas fontes alimentadoras do conhecimento tecnológico, presentes na estrutura conceitual do modelo, se alinha ao processo contínuo e cumulativo associado à própria natureza da inovação. Fatores relacionados ao contexto setorial e social e a variáveis mais específicas de cada um dos atores

envolvidos não devem escapar às análises, e isso ficou mais evidente nas Classes 3 e 4.

Conforme os resultados da CHD (Figuras 4.1 e 4.2), da AFC (Figuras 4.3 e 4.4) e da Análise de Similitude (Figura 4.7), a Classe 3 trata do desenvolvimento econômico e social promovido pelas universidades em ações conjuntas com os demais atores da inovação tecnológica. A ideia da inovação como motor de desenvolvimento econômico foi divulgada pela OCDE (OCDE/EUROSTAT, 2018) e apoiada por muitos trabalhos científicos (ZANELLO *et al.*, 2016; FISCHER *et al.*, 2019; MARQUES *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019; BASSO *et al.*, 2021). É importante destacar que a inovação tecnológica também pode ser ferramenta para a redução da pobreza e inclusão social (ZANELLO *et al.*, 2016). Essa perspectiva, amplamente difundida, justifica as linhas espessas entre o núcleo “*development*” e as palavras “*economic*” e “*social*”.

Cabe ressaltar que a ligação entre “*development*” e “*social*” se aproxima da teoria da Hélice Quádrupla quando combina a sociedade civil organizada, aliada a universidade, indústria e governo, com o propósito de apoiar a evolução de sistemas de inovação e empreendedorismo (CARAYANNIS e CAMPBELL, 2010). Nos textos analisados não foram identificadas referências explícitas à Hélice Quádrupla, sendo assim, abre-se aqui uma possibilidade de pesquisa futura, que, por estar fora do escopo deste trabalho, não foi abordada. Tal possibilidade pode, eventualmente, ajudar a minimizar a ambiguidade teórica, citada por Yoon *et al.*, (2017).

Na Figura 4.7, o núcleo “*development*” está conectado à palavra “*country*” e a ligação segue para o nó “*state*”. Isso pode ser explicado pela importância da inovação para o desenvolvimento econômico das regiões e, conseqüentemente, para as nações. Em 2022, o Brasil teve desempenho em produtos de inovação acima do esperado, em relação a seu nível de desenvolvimento econômico (WIPO, 2022). As evidências empíricas, segundo Fischer *et al.* (2019), mostraram que as universidades brasileiras são fontes fundamentais de oportunidades tecnológicas para o setor privado e para os processos de crescimento das economias emergentes, mas pouco aproveitadas. O elo entre “*state*” e “*institution*”, que se liga a “*federal*”, na Figura 4.7, revela a importância das universidades federais para o desenvolvimento. A transferência da tecnologia resultante da pesquisa das universidades, se fossem mais

exploradas, poderia promover efeitos generalizados para a sociedade como capital humano aprimorado, ativos de conhecimento e empreendedorismo.

Em países emergentes, como o Brasil, a capacidade de inovação é constituída por dinâmicas entre subsistemas geográficos, socioeconômicos, políticos e jurídicos (ZANELLO *et al.*, 2016). Conseqüentemente, a ligação do nó “*state*” com a palavra “*são_paulo*”, na Figura 4.7, se justifica porque o estado de São Paulo pode ser considerado líder, no país, em termos de criação de um ecossistema de ambientes formais de inovação. Destaca-se que o estado citado é considerado o único *cluster* de CT&I da América Latina listado entre os *top 100*, na 71ª posição (WIPO, 2022). O Sistema de Ambientes de Inovação de São Paulo é formado pelo Sistema de Parques Tecnológicos de São Paulo, pelas Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica da Rede de São Paulo, pela Rede de Centros de Inovação Tecnológica de São Paulo e a Rede de Centros de Inovação Tecnológica de São Paulo. Esses ambientes desempenham papel importante no apoio aos processos de inovação no âmbito regional e destacam-se no contexto nacional (BASSO *et al.*, 2021).

A ligação entre “*state*” e o nó “*institution*”, este conectado à expressão “*technological_innovation_centers*”, na Figura 4.7, se justifica pelo requisito da legislação brasileira para a criação dos NIT, que, desde 2004, se tornou obrigação legal e mudou as universidades quando, historicamente, nunca haviam trabalhado no gerenciamento de transferência de tecnologia, incentivando a sua criação e instituindo uma política de inovação. O NIT também apresenta o papel de interlocução entre a universidade e o setor produtivo e divulgação do portfólio de tecnologias, atividades essenciais para o processo de inovação. No entanto, apesar do progresso existente na criação, a maioria dos NIT está, ainda, em fase de implantação e expansão de suas atividades e, portanto, não explora toda a potencialidade de contribuição para a inovação e, conseqüentemente, para o desenvolvimento regional (MARQUES *et al.*, 2019).

Na Figura 4.7, o nó “*role*” está ligado ao nó “*local*” e à palavra “*play*” e trata da inovação tecnológica assumindo a função de agente transformador. Assim, no modelo da HT, as universidades, juntamente com a indústria e o governo, desempenham papel central na promoção da inovação, cujo foco está na produção e na disseminação do conhecimento. A partir da abordagem, a universidade pode exercer atribuição importante no desenvolvimento da inovação em sociedades cada vez mais baseadas

no conhecimento, principalmente por meio de pesquisas científicas e tecnológicas (ZANELLO *et al.*, 2016; MARQUES *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019).

Observa-se ainda na Figura 4.7 que o núcleo “*development*” está conectado à palavra “*region*” e a ligação segue para o nó “*technology_parks*”. Isso se justifica, pois, os parques tecnológicos se destacam por promover vantagens para organizações, regiões e até nações (PEREIRA *et al.*, 2019). Esses ambientes, na perspectiva apresentada por Marques *et al.* (2019), Pereira *et al.* (2019) e Basso *et al.* (2021), estabelecem o elo entre as organizações e as universidades. Por meio de ações planejadas e estruturadas, o objetivo dos parques é promover o desempenho organizacional e o emprego de ciência, tecnologia, inovação e empreendedorismo (BASSO *et al.*, 2021). O que corrobora a conexão entre o nó “*technology_parks*” e os nós “*incubator*” e “*science*”.

A iniciativa de aproximar as organizações das universidades se espalhou e, atualmente, os parques são realidade em muitos países. Contribuindo para o desenvolvimento da economia e disseminando o conhecimento científico, desenvolvido nas universidades, para as organizações e a sociedade em que estão inseridos. No Brasil, desde a década de 1980, as universidades públicas são importantes atores na consolidação dos parques tecnológicos (MARQUES *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019; BASSO *et al.*, 2021), que são formados por organizações geograficamente próximas e estão sujeitos a uma entidade encarregada de construir e gerenciar áreas comuns. De um lado, a universidade oferece, nos termos da Lei nº. 13.243/2016 (BRASIL, 2016), acesso a professores, pesquisadores, laboratórios e bibliotecas. Do outro, a indústria transforma os ativos de conhecimento em inovações.

Com o estabelecimento de incubadoras de empresas e parques tecnológicos próximos a alguns *campi* universitários, os laços cooperativos com empresas iniciantes ou estabelecidas e laboratórios acadêmicos são facilitados. Simultaneamente, as transações comerciais puderam ser intensificadas, o que facilita a abordagem de clientes, fornecedores e pesquisadores (DALMARCO *et al.*, 2018). Além disso, conforme descrito por Etzkowitz *et al.* (2005), esses sistemas se desenvolvem em ecossistemas de inovação quando conhecimento acadêmico, equipe talentosa e dinâmica técnico-econômica interagem por meio de escritórios de transferência de tecnologia, atraindo investidores e consultores financeiros, bem como organizações de apoio jurídico.

Nesse cenário de múltiplos atores permeados por diversas interações, as universidades despontam como potencial transformador do ambiente socioeconômico em que estão inseridas. No entanto, Pereira *et al.* (2019) destacaram que o planejamento, implantação e operação dos parques são desafiadores para as universidades brasileiras, considerando o alto volume de investimento de recursos financeiros e humanos. Por conta dessa demanda, os autores estimaram que, em 2019, das 63 universidades federais brasileiras estudadas por eles, apenas 26 estavam integradas a algum parque tecnológico.

Considerando os resultados da CHD (Figuras 4.1 e 4.2), da AFC (Figuras 4.3 e 4.4) e da Análise de Similitude (Figura 4.8), a Classe 4 retrata aspectos da pesquisa acadêmica e dos depósitos e concessões de patentes. Cabe destacar que as estatísticas de patentes são utilizadas como indicadores de vínculos entre as pesquisas desenvolvidas nas universidades e os sistemas de inovação. Em termos de titularidade, o Brasil é diferente da Europa Ocidental, onde 70% de todas as patentes são propriedade de empresas, enquanto no Brasil, a maioria é propriedade de universidades (DALMARCO *et al.*, 2018). As conexões entre pesquisa acadêmica e patenteamento, retratadas pelos trabalhos que foram agrupados na Classe 4, justificam a existência dos dois (2) núcleos: “*patent*” e “*research*”.

As patentes ganharam notoriedade nas discussões sobre o papel das universidades em um sistema caracterizado pela produção de conhecimento capaz de gerar inovações. Como forma de analisar a produção de conhecimento tecnológico, os dados têm a vantagem de representar o resultado do processo inventivo, possuindo aplicabilidade industrial e algum grau de novidade, além de permitirem a comparabilidade entre pesquisadores, regiões e países (SILVA *et al.*, 2018; CÓSER *et al.*, 2018). Isso explica, na Figura 4.8, o surgimento dos vocábulos “*application*” e “*researcher*” da ramificação entre o núcleo “*patent*” e o nó “*university_industry*”.

Na Figura 4.8 as linhas densas entre “*patent*” e as palavras “*find*”, “*identify*” e “*production*” ressaltam o desenvolvimento da pesquisa acadêmica em conexão com o conceito de universidade integrada na HT. Isso figurou como atalho para resultados inovadores, com tecnologia científica patenteável sendo produzida e comercializada por meio de empresas incubadas, *spin-offs* e *start-ups*, que, por sua vez, podem se tornar empresas em parques tecnológicos próximos e trabalhar em conjunto com pesquisadores universitários, realimentando os laços cooperativos das empresas

estabelecidas com as iniciantes e laboratórios acadêmicos (DALMARCO *et al.*, 2018). Como resultado, a inovação poderia melhorar o padrão de tecnologia existente na indústria local e, dessa forma, promover desenvolvimento social e tecnológico, conforme foi discutido nas Classes 2 e 3.

A ligação entre o núcleo “*patent*” e os termos “*university_industry*” e “*brazilian*”, na Figura 4.8, ilustra que, historicamente, a indústria brasileira mostrou preferência pelo aprimoramento de tecnologias maduras e raramente adquiriu resultados de pesquisas e tecnologias oriundas de suas universidades e demais instituições de pesquisa públicas. Desenvolver um ambiente mais aberto e flexível e fomentar a inovação tecnológica, o empreendedorismo e a colaboração universidade-indústria não é tarefa fácil, porque os objetivos, metas, estruturas organizacionais, valores e práticas dominantes, dentro e entre as universidades, necessitam ser ajustados. As empresas careciam de capacidade interna para absorver e se beneficiar do conhecimento gerado pelas universidades e, como tal, havia tendência clara de importar tecnologia. Em suma, as conexões entre as universidades e o setor produtivo continuam fracas e esporádicas, conforme destacado nas Classes 1 e 2 (DALMARCO *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2018; DALMARCO *et al.*, 2019; FISCHER *et al.*, 2019).

Para entender a ligação, na Figura 4.8, entre o núcleo “*patent*” e a palavra “*academic*”, bem como entre “*research*” e os termos “*scientific*” e “*research_groups*”, recorreu-se ao trabalho de Basso *et al.* (2021). Os autores analisaram, sob a ótica da HT, as redes de cooperação tecnológica das universidades públicas do Estado de São Paulo que originaram patentes. Os resultados revelaram que os principais parceiros foram empresas e outras universidades, seguidos por institutos de pesquisa, ainda que essas parcerias sejam esporádicas. Instituições governamentais, como fundações de apoio, tiveram baixa participação, mostrando, assim, que na relação universidade-governo o foco é o financiamento da pesquisa. Os autores destacaram que esses repasses financeiros não se destinaram ao desenvolvimento de inovações, mas ao custeio de novas pesquisas que, eventualmente, acabaram gerando ativos passíveis de patenteamento, com futuro incerto para absorção pelo mercado.

Cabe destacar que, apesar dos esforços promovidos pelas universidades, o foco no patenteamento e na transferência de conhecimento e tecnologia das universidades para a indústria permanece precário no Brasil. Com isso, o setor corporativo tornou-se extremamente diversificado e fragmentado, sem o impulso

empreendedor e inovador e, em grande parte, nem as capacidades operacionais e a ambição de expansão internacional (DALMARCO *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2018; DALMARCO *et al.*, 2019; FISCHER *et al.*, 2019; RAPINI *et al.*, 2019).

4.2 Uma Análise Exploratória das Universidades Brasileiras no Processo de Inovação Tecnológica

4.2.1 Resultados da Primeira Abordagem Quantitativa

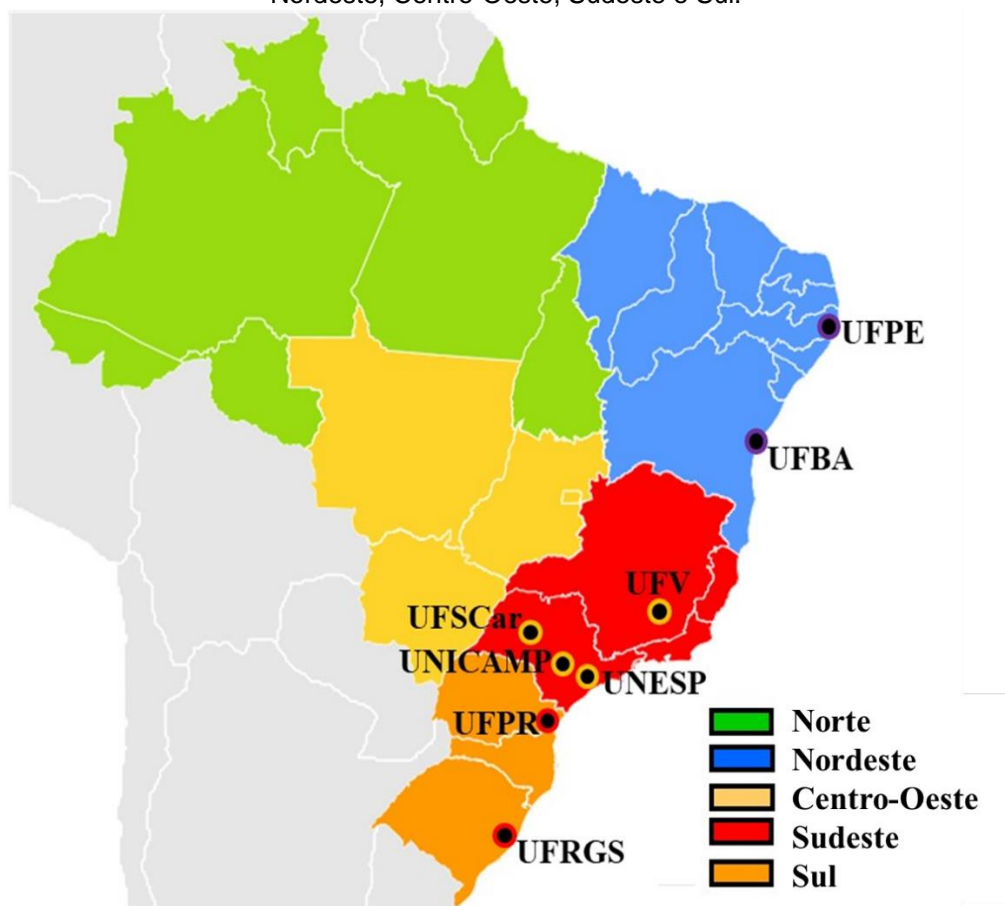
4.2.1.1 Apresentação dos Dados

Este trabalho apresentou dados de oito (8) universidades brasileiras diferentes, denominadas instituições estaduais ou federais: Unesp; UFPR; UFRGS; UFSCar; Unicamp; UFBA; UFV e UFPE. Três delas, Unesp, Unicamp e UFSCar, estão localizadas no estado mais rico do Brasil, São Paulo, e as duas primeiras são estaduais. Essas três, mais a UFV, estão situadas na região Sudeste do Brasil. Outras duas, UFPR e UFRGS, estão localizadas na região Sul, e as duas restantes, UFBA e UFPE, na região Nordeste. A Figura 4.9 também mostra que a maioria das universidades está localizada perto da costa brasileira, devido à sua expansão histórica desde a chegada dos portugueses ao Brasil em 1500. Isso tem alguma semelhança com países como a China (LI *et al.*, 2020), que também apresenta diferenças regionais substanciais. As áreas costeiras do leste da China são muito mais desenvolvidas do que as províncias centrais e ocidentais (ANDRADE *et al.*, 2022).

A Tabela 4.1 relata a mediana dos dados originais X_i entre 2008 e 2015 de todos os doze (12) parâmetros observados para cada k instituição: (X_1) número de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq; (X_2) número de pesquisadores cadastrados no CNPq; (X_3) número de pesquisadores com doutorado cadastrados no CNPq; (X_4) número de docentes; (X_5) número de docentes com doutorado; (X_6) número de projetos de inovação em colaboração; (X_7) número de artigos publicados; (X_8) número de patentes depositadas; (X_9) número de patentes concedidas; (X_{10}) número de contratos de transferência de tecnologia; (X_{11}) dinheiro gerado pela transferência de tecnologia; (X_{12}) financiamento. Em consonância com Li *et al.* (2020), a utilização de dados quantitativos e a incorporação da heterogeneidade regional no

desenho do presente trabalho permitem ampliar os estudos anteriores, investigando sistematicamente e revelando alguns fatores que impulsionam as diferenças dentro do país.

Figura 4.9 - As oito universidades brasileiras do estudo, distribuídas nas cinco regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul.



Fonte: Elaborada pelo autor.

É possível observar, pela Tabela 4.1, que a Unesp foi a instituição com maior número de grupos de pesquisa no período de 2008 a 2015, com mediana de 1.015. A UFV foi a instituição com o menor número (mediana de 310). Esses grupos de pesquisa estão engajados em P&D, que é importante para a inovação tecnológica no Brasil, e são formados por pesquisadores, em sua maioria com doutorado, conforme apresentado na Tabela 4.1. Observa-se que a Unicamp, Unesp e UFRGS apresentaram os maiores valores e a UFSCar e UFV, os menores (ANDRADE *et al.*, 2022).

Relatório elaborado pela *Clarivate Analytics* em 2017 mostrou a predominância da pesquisa nas universidades públicas brasileiras (CROSS *et al.*, 2017). Jovanović

et al. (2019) observaram, nos países da OCDE, que as atividades de P&D nas universidades são catalisadoras de desempenho para promover o processo de inovação tecnológica.

Na Tabela 4.1 é possível observar o número de docentes e de docentes com doutorado de todas as instituições. Eles são muito semelhantes. A Unesp voltou a se destacar em ambas as variáveis observadas (de medianas 6.163 e 5.397, respectivamente). A UFV e a UFSCar tiveram os menores números de docentes e de docentes com doutorado. Considerando o período entre 2008 e 2015, muitas instituições federais receberam novos professores, a maioria com doutorado, como UFPR, UFRGS, UFSCar, UFBA, UFV e UFPE. O REUNI foi o principal responsável pelo aumento do quadro de número de docentes e de docentes com doutorado. Como a Unicamp e a Unesp são universidades estaduais, não foram contempladas por esse Programa federal. Outras instituições não consideradas neste estudo também fizeram parte do REUNI (SOUZA *et al.*, 2015; CROSS *et al.*, 2017).

A Tabela 4.1 mostra o número de projetos de inovação em colaboração com outras hélices da HT, nesse caso universidade-indústria (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017). A UFRGS se destacou das demais instituições, com mediana de 70 projetos. Cabe salientar que entre 2008 e 2015 a UFPR não teve projetos em cooperação. Também é importante notar que apenas uma (1) empresa, a Petrobras, participou de 14% de toda a produção colaborativa entre universidade e indústria durante o período 2015-2017 (WEB OF SCIENCE, 2019), principalmente em pesquisa de petróleo e gás. Para efeito de comparação, na Espanha, segundo Luengo-Valderrey *et al.* (2020), a cooperação universidade-indústria passou de 13,55% em 2010 para pouco mais de 4% em 2015. No entanto, a cooperação empresarial com centros tecnológicos aumentou acentuadamente, seguida por organizações públicas de pesquisa e consultores.

Tabela 4.1 - Mediana dos dados de universidades brasileiras entre 2008 e 2015.

<i>k</i>	Parâmetros	$X_{1,k}$	$X_{2,k}$	$X_{3,k}$	$X_{4,k}$	$X_{5,k}$	$X_{6,k}$	$X_{7,k}$	$X_{8,k}$	$X_{9,k}$	$X_{10,k}$	$X_{11,k}$	$X_{12,k}$
	Eixo da Hélice Tríplice*	A	A	A	A	A	I	A	A	A	I	I	G
	Universidades	Grupos de Pesquisa	Pesquisadores	Pesquisadores com Doutorado	Docentes	Docentes com Doutorado	Projetos de Inovação em Colaboração	Artigos Publicados	Patentes Depositadas	Patentes Concedidas	Contratos de Transferência de Tecnologia	Dinheiro Gerado pela Transferência de Tecnologia	Financiamento
1	Unesp	1015	6163	5396,63	3589	3357,5	1	5128	20	5	11	204799	338624442
2	UFPR	461	3087	2494,63	2217	1620	0	4016	48	0	3	0	97242494
3	UFRGS	736	4536	3648,38	2340	1955,5	70	2522	45	2	2	28500746	189614477
4	UFSCar	413	2023	1802,5	978,5	920	2	887	14	7	3	516949	125303157
5	Unicamp	722	4449	3976	1744,5	1712,5	12	4362	78	13	9	476188	304959118
6	UFBA	503	3255	2259,5	2245	1524,5	18	697	17	0	0	0	118043000
7	UFV	310	1857	1553,1	1063	805	0	1165	29	5	1	0	85713799
8	UFPE	573	3315	2564,88	2462,5	1971	13	1113	19	1	0	0	139240311

Fonte: Elaborada pelo autor, considerando os dados coletados em UFBA (2019), UFPE (2019), UFSCar (2019), UFV (2019), UFPR (2019), UFRGS (2019), Unesp (2018), Unicamp (2018), CNPq (2019), CAPES (2019).

* Nota: “A” descreve as características da academia seguindo a teoria da Hélice Tríplice; “I” mostra a interação entre academia e indústria; e “G” apresenta a interação entre academia e governo.

O número de artigos publicados é apresentado na Tabela 4.1, com destaque para a Unesp (mediana de 5.128), seguida pela Unicamp, UFPR e UFRGS (de medianas 4.362, 4.016 e 2.522, respectivamente). UFSCar, UFBA, UFV e UFPE apresentaram menores números de artigos publicados. O Brasil ocupa o 13º lugar no mundo em termos de produção de artigos de pesquisa e resenhas indexados na *Web of Science*, logo atrás da Itália (8º), Índia (10º), Espanha (11º) e Coreia do Sul (12º), mas à frente de Rússia (15º) e África do Sul (21º). O primeiro lugar nesse *ranking* pertence aos EUA, seguidos pela China. Em 2018, pesquisadores brasileiros publicaram mais de 50.000 artigos, sendo um terço em coautoria com pesquisadores de outros países (WEB OF SCIENCE, 2019). Apenas 15 universidades, segundo Cross *et al.* (2017) e Web of Science (2019), produzem mais de 60% da produção total de artigos no Brasil.

A Tabela 4.1 apresenta o número de patentes depositadas e de patentes concedidas. Estatísticas divulgadas anualmente pelo INPI mostram que, entre os residentes no Brasil, muitas patentes depositadas e concedidas são de universidades (INPI, 2018).

Seguindo esse parâmetro, a Unicamp apresentou os maiores dados no período analisado, com mediana de 78. A UFSCar conseguiu manter quase constante o depósito de patentes no período analisado. Em relação às patentes concedidas, a Tabela 4.1 mostra que a Unicamp apresentou, em geral, o maior número de patentes concedidas, com mediana de 13 e *outlier* de 35 patentes concedidas em 2015. A Unesp recebeu a concessão de 23 patentes em 2013 e a UFPR, UFRGS e UFPE, em 2015, com oito (8), sete (7) e três (3), respectivamente. No período observado, a UFBA teve apenas uma (1) patente concedida em 2012. Todos esses números são extremamente baixos quando comparados aos artigos publicados, também apresentados na Tabela 4.1.

Apenas para comparação, a média de depósitos de patentes nas províncias chinesas em desenvolvimento, como Fujian e Hubei, em 2017 foi de 52.258, com média de 33.135 concessões de patentes (LI *et al.*, 2020). No entanto, Zhao *et al.* (2015) informaram a geração de média de $580,60 \pm 68,52$ patentes chinesas exploráveis de 57 universidades de 30 províncias em 2012 (com mínimo de 2 e máximo de 2.222), indicando que algumas regiões são incapazes de gerar produtos de inovação relevantes. A comparação com o Brasil seria feita considerando regiões

como Sul e Sudeste, conforme Figura 4.9, que estão muito abaixo das províncias chinesas (ou seja, subdesenvolvidas). Nessa visão, concorda-se com Boardman (2009) que é necessária grande colaboração entre universidade, indústria e governo. Esse procedimento seria altamente benéfico para a transferência de tecnologia universitária e o desenvolvimento do empreendedorismo universitário no Brasil.

A Tabela 4.1 mostra o número de contratos de transferência de tecnologia firmados com empresas. Isso marca a iteração entre academia e indústria ao considerar o modelo da HT (ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017). Seguindo esses dados é possível observar que, no Brasil, a transferência de tecnologia ainda é deficiente. Unesp e Unicamp apresentaram medianas de 11 e 9, respectivamente. Além disso, observou-se que a UFPE e a UFBA não tiveram contratos assinados entre 2008 e 2015. É importante citar a UFRGS com 121 contratos em 2015.

Também vale notar que a presente análise consiste num estudo quantitativo brasileiro, e muitos foram feitos de forma similar, como apontado por Zhao *et al.* (2015) para o caso chinês. Para esses autores, muitas províncias da China não estão envolvidas em colaborações, perdendo assim a oportunidade de se beneficiar de projetos regionais de inovação tecnológica. Igualmente é possível observar nos resultados alcançados pelos autores que as universidades são as instituições que mais estabelecem projetos de inovação de forma colaborativa.

Jovanović *et al.* (2019) mencionaram que o indicador de recebimentos do balanço tecnológico de pagamentos reflete atividades inovadoras. A Tabela 4.1 mostra que a UFBA e a UFPE não obtiveram valores oriundos da transferência de tecnologia. No entanto, a Unesp arrecadou mais de R\$ 1,2 milhão em 2011. A UFRGS apresentou o melhor desempenho, aumentando significativamente nos últimos três anos do período considerado, quando obteve R\$ 47 milhões em 2012, com mediana de R\$ 28 milhões. As universidades seguintes foram, por ordem de suas medianas, UFSCar (R\$ 0,517 milhão), Unicamp (R\$ 0,476 milhão) e UFRGS (R\$ 0,205 milhão). Li *et al.* (2020) relataram que houve média de valores contratuais de RMB¹⁵ 6,203 bilhões em províncias chinesas avançadas em 2017, como Pequim, Guangdong e

¹⁵ RMB, ou Renminbi, é a moeda oficial da China.

Xangai. Em comparação com as regiões brasileiras, esses valores da China são muito altos.

Em relação ao financiamento público recebido por cada instituição, apresentados na Tabela 4.1, é possível observar grande variação no volume de recursos recebidos pela maioria das instituições em reais (R\$). O financiamento marca a principal iteração das universidades brasileiras com o governo, ao considerar o modelo da HT (ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017). A UFPR e a UFV apresentaram menores valores recebidos no período analisado. Por outro lado, Unesp, Unicamp e UFRGS apresentaram os maiores. Outras instituições apresentaram similaridade quanto aos valores médios recebidos.

Tanto na Colômbia como no Brasil, segundo Navas *et al.* (2020), o investimento em P&D vem de recursos públicos. Comparando os resultados de Navas *et al.* (2020) com os das universidades brasileiras, aqui apresentados, pôde-se observar que os recursos provenientes de empresas privadas, medidos por meio do dinheiro gerado pela transferência de tecnologia, ainda são muito inferiores aos recursos públicos recebidos pelas universidades, medido por meio do financiamento público.

Também na Itália, segundo Coccia (2005), muitos institutos que realizam atividades de pesquisa são públicos e financiados pelo governo, que pode desejar maximizar o valor agregado para a sociedade. O financiamento público às atividades de pesquisa justifica-se pelo fato de que, além de ser produto que potencializa a sociedade, a produção científica é também um investimento que gera efeitos em termos de progresso científico-tecnológico e, portanto, de maior riqueza produzida pela nação no médio-longo prazo.

4.2.1.2 Resultados da Análise de HC e PCA

Seguindo o procedimento apresentado na metodologia, a Tabela 4.2 apresenta a matriz de correlação correspondente dos dados padronizados. Note-se que nessa Tabela as células cinzas representam parâmetros com alta correlação e as pretas, não correlacionadas.

Tabela 4.2 - Matriz de correlação de dados padronizados (Z_i) conforme Equação (8).

	$Z_{1,k}$	$Z_{2,k}$	$Z_{3,k}$	$Z_{4,k}$	$Z_{5,k}$	$Z_{6,k}$	$Z_{7,k}$	$Z_{8,k}$	$Z_{9,k}$	$Z_{10,k}$	$Z_{11,k}$	$Z_{12,k}$
	Grupos de Pesquisa	Pesquisadores	Pesquisadores com Doutorado	Docentes	Docentes com Doutorado	Projetos de Inovação em Colaboração	Artigos Publicados	Patentes Depositadas	Patentes Concedidas	Contratos de Transferência de Tecnologia	Dinheiro Gerado pela Transferência de Tecnologia	Financiamento
Grupos de Pesquisa	1	0,98634	0,98481	0,81786	0,93218	0,2663	0,71709	0,17684	0,2173	0,75417	0,26465	0,91255
Pesquisadores	0,98634	1	0,98407	0,85279	0,93524	0,28467	0,75809	0,24554	0,15445	0,73102	0,27295	0,88397
Pesquisadores com Doutorado	0,98481	0,98407	1	0,78065	0,90857	0,19919	0,81874	0,29553	0,29437	0,83017	0,2207	0,93738
Docentes	0,81786	0,85279	0,78065	1	0,95543	0,15561	0,56179	-0,10061	-0,32225	0,4206	0,1192	0,56577
Docentes com Doutorado	0,93218	0,93524	0,90857	0,95543	1	0,11241	0,67945	-0,02001	-0,05938	0,63323	0,11315	0,75858
Projetos de Inovação em Colaboração	0,2663	0,28467	0,19919	0,15561	0,11241	1	-0,08826	0,20502	-0,20929	-0,22975	0,95577	0,07121
Artigos Publicados	0,71709	0,75809	0,81874	0,56179	0,67945	-0,08826	1	0,57149	0,34743	0,86173	0,01296	0,75445
Patentes Depositadas	0,17684	0,24554	0,29553	-0,10061	-0,02001	0,20502	0,57149	1	0,5184	0,38646	0,21034	0,36107
Patentes Concedidas	0,2173	0,15445	0,29437	-0,32225	-0,05938	-0,20929	0,34743	0,5184	1	0,65223	-0,17329	0,5858
Contratos de Transferência de Tecnologia	0,75417	0,73102	0,83017	0,4206	0,63323	-0,22975	0,86173	0,38646	0,65223	1	-0,14668	0,90774
Dinheiro Gerado pela Transferência de Tecnologia	0,26465	0,27295	0,2207	0,1192	0,11315	0,95577	0,01296	0,21034	-0,17329	-0,14668	1	0,07271
Financiamento	0,91255	0,88397	0,93738	0,56577	0,75858	0,07121	0,75445	0,36107	0,5858	0,90774	0,07271	1

Fonte: Elaborada pelo autor no software OriginPro®.

De acordo com Hair *et al.* (2019), na PCA, apenas os fatores com autovalores superiores a um (1) são considerados significativos, conforme apresentado na Tabela 4.3. Outro critério é selecionar fatores suficientes para atingir a comunalidade pré-especificada para cada uma das variáveis, próximo a 93% do percentual acumulado, também mostrado na Tabela 4.3. Um terceiro critério (o teste denominado *scree* ou *elbow*), exibido na Figura 4.10, é obtido pela sequência decrescente de autovalores em relação ao número de fatores em sua ordem de extração. A forma da curva resultante é utilizada para avaliar o ponto de corte, que segue um método tangente. Na Figura 4.10, começando com o primeiro fator, o gráfico se inclina abruptamente para baixo e então, lentamente, se torna uma linha aproximadamente horizontal. Um ponto de inflexão, denominado “cotovelo”, surge do cruzamento de duas linhas tangentes indicando os autovalores relevantes, próximo de três no presente caso. Todos esses critérios foram satisfeitos pelos três primeiros PC.

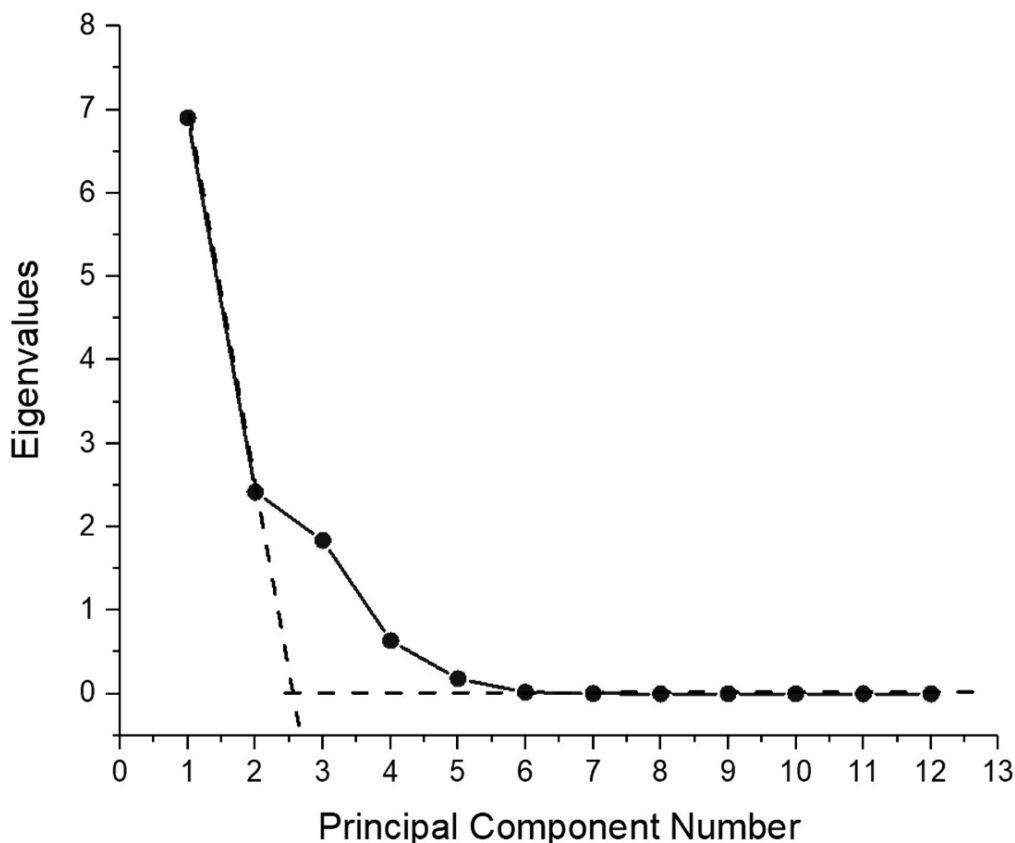
A Tabela 4.3 mostra, igualmente, as porcentagens totais e acumuladas e respectivos autovalores de cada eixo considerado, enquanto a Tabela 4.4 apresenta os valores dos autovetores desses respectivos parâmetros para os três eixos PC correspondentes. De fato, a partir da Tabela 4.3, a maior parte dos dados foi caracterizada pelos três primeiros eixos, cujos maiores coeficientes $\alpha_{j,k}$ (Equação (7)), em destaque na Tabela 4.4, estão relacionados, respectivamente: a pesquisadores com doutorado, representando 57,53% da variância; projetos de inovação em colaboração, representando 20,15% da variância; e patentes depositadas, representando 15,32% da variância.

Tabela 4.3 - Percentagens totais e acumuladas e respectivos autovalores de cada eixo considerado.

Eixo PC (<i>n</i>)	Autovalor	Percentual Total (%)	Percentual Acumulado (%)
1	6,90375	57,53%	57,53%
2	2,4180	20,15%	77,68%
3	1,83847	15,32%	93,00%
4	0,63667	5,31%	98,31%
5	0,18014	1,50%	99,81%
6	0,01969	0,16%	99,97%
7	0,00327	0,03%	100,00%
8	0	0,00%	100,00%
9	0	0,00%	100,00%
10	0	0,00%	100,00%
11	0	0,00%	100,00%
12	0	0,00%	100,00%

Fonte: Elaborada pelo autor no software OriginPro®.

Figura 4.10 - Gráfico de autovalor para o critério de teste *scree* (ou *elbow*), que considera todos os doze parâmetros deste trabalho.



Fonte: Elaborada pelo autor no *software* OriginPro®.

Tabela 4.4 - Valores de autovetores de pesquisadores doutores, projetos de inovação e pedidos de patente em relação aos três eixos PC correspondentes, considerando a matriz de correlação.

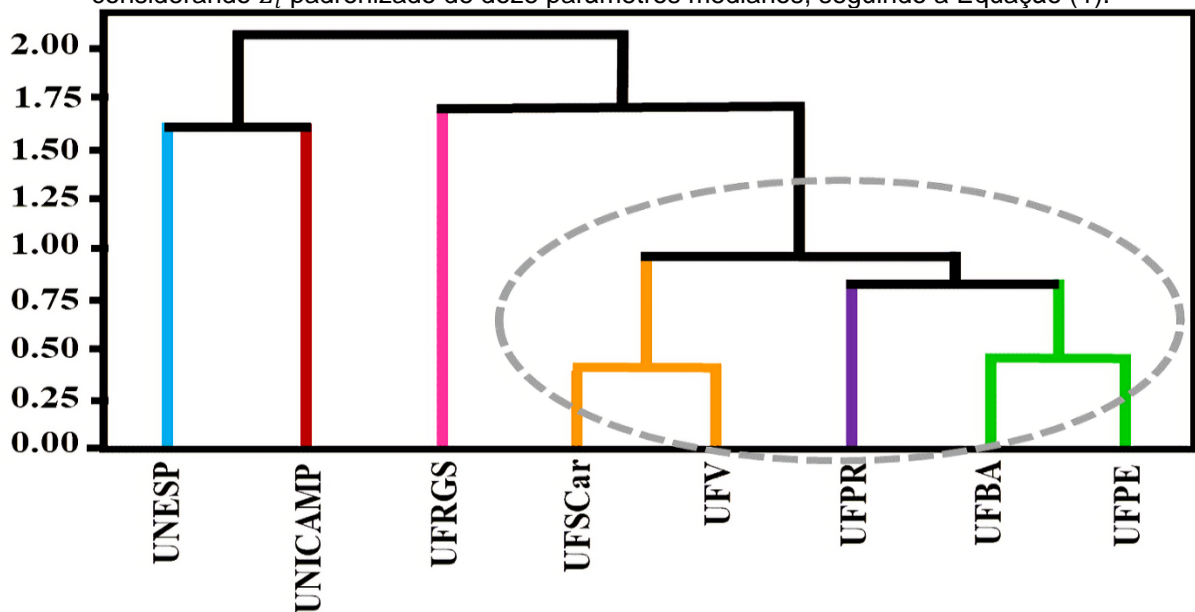
<i>n</i>	Parâmetros	PC ₁	PC ₂	PC ₃
		$\alpha_{j,1}$	$\alpha_{j,2}$	$\alpha_{j,3}$
1	Grupos de Pesquisa	0,37021	0,1045	-0,04013
2	Pesquisadores	0,37159	0,12233	-0,03261
3	Pesquisadores com Doutorado	0,37954	0,03288	-0,00199
4	Docentes	0,29297	0,25757	-0,33786
5	Docentes com Doutorado	0,34206	0,15201	-0,26498
6	Projetos de Inovação em Colaboração	0,05975	0,5037	0,43241
7	Artigos Publicados	0,32448	-0,17026	0,05193
8	Patentes Depositadas	0,12901	-0,19666	0,53918
9	Patentes Concedidas	0,12049	-0,47294	0,35039
10	Contratos de Transferência de Tecnologia	0,32436	-0,30968	0,01906
11	Dinheiro Gerado pela Transferência de Tecnologia	0,06823	0,47362	0,45189
12	Financiamento	0,3579	-0,13537	0,07228

Fonte: Elaborada pelo autor no *software* OriginPro®.

A Figura 4.11 resume a formação de agrupamento com base na distância euclidiana (de acordo com a Equação (2)), ou seja, similaridade, observada a partir de dados padronizados. A dendrogramação é capaz de capturar multidimensionalidade e relacionamentos complexos de muitas variáveis, como

aquelas apresentadas na Tabela 4.1 (HAIR *et al.*, 2019). O dendrograma apresentado na Figura 4.11 ilustra como ocorre o agrupamento e está de acordo com a análise de PCA apresentada na Figura 4.12, conforme descrito abaixo. A partir do dendrograma, foram estabelecidos quatro (4) *clusters*, obtidos levando-se em conta o maior salto de distância, segundo Fávero e Belfiore (2019): (Unesp), (Unicamp), (UFRGS) e (UFSCar, UFV, UFPR, UFBA, UFPE). De posse desses dados foi possível verificar que UFBA e UFPE foram as mais semelhantes devido à menor distância euclidiana, considerando todas as doze (12) variáveis, promovendo assim a primeira etapa de agrupamento.

Figura 4.11 - Resultados computacionais de dendrogramas para oito universidades brasileiras considerando Z_i padronizado de doze parâmetros medianos, seguindo a Equação (1).



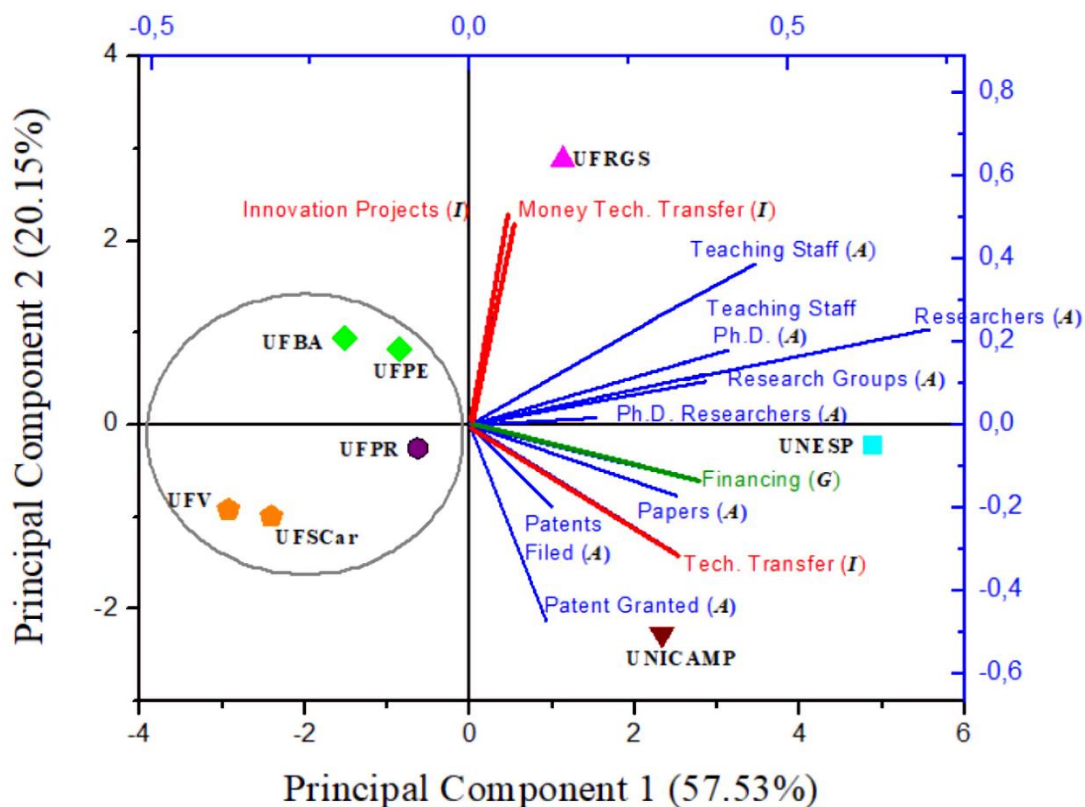
Fonte: Elaborada pelo autor no *software* PyCharm®.

Há correspondência entre a HC (Figura 4.11) e PCA (Figura 4.12), pois, Unesp e Unicamp estão no quarto quadrante (inferior direito) e a UFRGS está isolada no primeiro quadrante (superior direito). Em oposição, UFBA e UFPE estão próximas no quadrante superior esquerdo, assim como UFV e UFSCar no quadrante inferior esquerdo, e todas quatro (4) últimas agrupadas próximas à UFPR.

A Figura 4.12 mostra a distribuição do mapeamento do PC_1 (relacionado, principalmente, a pesquisadores com doutorado) *versus* PC_2 (relacionado, principalmente, a projetos de inovação em colaboração). A partir desse mapa é possível notar que a Unesp e a Unicamp estão no quarto quadrante (inferior direito) e a UFRGS está isolada no primeiro quadrante (superior direito). A UFBA e a UFPE

estão próximas no quadrante superior esquerdo, assim como a UFV e a UFSCar, no quadrante inferior esquerdo. A UFPR está mais próxima do grupo UFBA-UFPE. Assim, é possível considerar os seguintes grupos: (Unesp), (Unicamp), (UFRGS) e (UFSCar, UFV, UFPR, UFBA, UFPE) (ANDRADE *et al.*, 2022).

Figura 4.12 - Biplot do PC₁ (relativo a 57,53% dos dados) versus PC₂ (20,15% dos dados) considerando todos os doze parâmetros e a matriz de correlação.



Fonte: Elaborada pelo autor no software OriginPro®.

A partir da Figura 4.12 as hélices do modelo da HT são visíveis e, também, agrupadas, apresentando as interrelações da academia, indústria e governo. Os estudos anteriores citados na introdução também promoveram abordagens semelhantes, mas, neste trabalho é importante destacar que duas (2) técnicas estatísticas diferentes apresentaram resultados próximos, de forma integrativa, conforme demonstrado a seguir. Por exemplo, a UFRGS está próxima das hélices relacionadas a projetos de inovação em colaboração e dinheiro gerado pela transferência de tecnologia. A Unicamp está próxima dos parâmetros de número de patentes concedidas, número de patentes depositadas e número de contratos de transferência de tecnologia. A Unesp está próxima de pesquisadores com doutorado, artigos publicados e financiamento (ANDRADE *et al.*, 2022).

Conforme explicado brevemente na metodologia, autovalores positivos ocorreram para PC₁ na Tabela 4.4 devido ao uso da álgebra matricial aplicada aos dados padronizados, de acordo com a Equação (7). O PC₁ pode ser expresso em termos de variáveis Z_i padronizadas desta tabela, como:

$$\begin{aligned} PC_1 = & 0,37021Z_1 + 0,37159Z_2 + 0,37954Z_3 + 0,29297Z_4 + 0,34206Z_5 + \\ & 0,05975Z_6 + 0,32448Z_7 + 0,12901Z_8 + 0,12049Z_9 + 0,32436Z_{10} + \\ & 0,06823Z_{11} + 0,3579Z_{12} \end{aligned} \quad (12)$$

Os maiores coeficientes do PC₁, na Equação (12), estão relacionados a pesquisadores com doutorado, projetos de inovação e patentes depositadas e seus respectivos autovetores. Ou seja, PC₁ será alto se todos os Z_i forem altos, e representa 57,53% da variação dos dados. Coeficientes Z_6 e Z_{11} baixos significam que os valores dessas variáveis não afetam o PC₁. Portanto, o PC₁ é de longe o mais importante por representar a variação nos doze (12) parâmetros dessas oito (8) universidades brasileiras estudadas.

O PC₂ pode ser interpretado de maneira semelhante:

$$\begin{aligned} PC_2 = & 0,1045Z_1 + 0,12233Z_2 + 0,03288Z_3 + 0,25757Z_4 + 0,15201Z_5 + \\ & 0,5037Z_6 - 0,17026Z_7 - 0,19666Z_8 - 0,47294Z_9 - 0,30968Z_{10} + \\ & 0,47362Z_{11} - 0,13537Z_{12} \end{aligned} \quad (13)$$

O PC₂ tem coeficientes meio positivos e meio negativos. Em particular, o parâmetro mais representativo foi projetos de inovação em colaboração. PC₂ será alto se todos os Z_i com coeficientes positivos forem altos e todos os Z_i com coeficientes negativos forem baixos, exceto Z_3 , que possui coeficiente pequeno em relação aos demais. Com as Equações (12) e (13) foi possível plotar a Figura 4.12 considerando os dados padronizados de Z_i . Os dois PC respondem por 77,68% da variância, permitindo que a maior parte da informação seja visualizada em duas (2) dimensões. Todos os três primeiros PC respondem por 93% da variação (ANDRADE *et al.*, 2022).

Existem altas correlações ($> 0,8$) entre as variáveis que explicam a redução para apenas três (3) PC, de doze (12) variáveis originais, como por exemplo as correlações entre Z_1 com Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 e Z_{12} . Todos esses parâmetros estão

relacionados a grupos de pesquisa, pesquisadores, docentes e financiamento. Isso significa que foram observadas fortes correlações entre as hélices da academia e do governo (identificadas pela variável Z_{12}), conforme descrito na Tabela 4.2. Há, igualmente, relação óbvia entre pesquisadores com doutorado (Z_3) e artigos publicados (Z_7), contratos de transferência de tecnologia (Z_{10}) e financiamento (Z_{12}). Os artigos publicados dessas universidades (Z_7) também foram altamente correlacionados com os contratos de transferência de tecnologia (Z_{10}), com coeficiente de correlação $Corr(Z_7, Z_{10}) = 0,86173$, considerando todos os dados disponíveis na Tabela 4.2, de acordo com a Equação (8). O dinheiro gerado pela transferência de tecnologia (Z_{11}) está correlacionado com projetos de inovação em colaboração (Z_6) com coeficiente de correlação $Corr(Z_6, Z_{11}) = 0,95577$. Por fim, os contratos de transferência de tecnologia (Z_{10}) estão correlacionados ao financiamento (Z_{12}) com coeficiente de correlação $Corr(Z_{10}, Z_{12}) = 0,90774$.

Quase não foram observadas correlações (próximas de zero) entre artigos publicados (Z_7) e projetos de inovação em colaboração (Z_6), bem como dinheiro gerado pela transferência de tecnologia (Z_{11}), com coeficiente de correlação $Corr(Z_7, Z_{11}) = 0,01296$. Não foram observadas correlações significativas entre patentes depositadas (Z_8) e concedidas (Z_9) com docentes com doutorado (Z_5), devido às correlações dos coeficientes $Corr(Z_5, Z_8) = -0,02001$ e $Corr(Z_5, Z_9) = -0,05938$. Por fim, não foi observada correlação entre financiamento (Z_{12}) e projetos de inovação em colaboração (Z_6), nem com dinheiro gerado por transferência de tecnologia (Z_{11}).

A PCA é geralmente baseada no cálculo de autovalores da matriz de correlação. No entanto, além disso é possível calcular os PC considerando os autovalores da matriz de covariâncias. Nesse caso específico, encontrou-se apenas uma diferença nos PC: financiamento como um dos principais fatores para PC_1 , seguido por projetos de inovação em colaboração como PC_2 e patentes depositadas como PC_3 . Esse resultado é razoável porque, a partir dos cálculos de covariância, o parâmetro que apresentou maior variância foi o financiamento. A distribuição do mapeamento do PC_1 versus PC_2 , considerando o modo de covariância (não mostrado neste trabalho) é semelhante à Figura 4.12, pois ambos os resultados do PC_1 são altamente correlacionados (ANDRADE *et al.*, 2022).

Assim, não foi observada mudança significativa a partir da utilização dos diferentes procedimentos para obtenção dos primeiros PC, se compararmos os modos

de correlação ou covariância, conforme descrito por algumas referências, a exemplo de Flury (1997). Obteve-se resultados de 57,53% e 57,94% para PC₁, 20,15% e 19,91% para PC₂ e 15,32% e 14,60% para PC₃, respectivamente.

A aplicação da PCA pôde capturar as correlações de diferentes parâmetros de inovação relacionados a séries temporais de diferentes universidades com resultados significativos. Esse método conseguiu ser associado à taxonomia numérica (dendrogramação), outra técnica multivariada que também reduz conjuntos de dados multidimensionais.

Todos os *clusters* apresentados no dendrograma da Figura 4.11, (Unesp), (Unicamp), (UFRGS) e (UFSCar, UFV, UFPR, UFBA, UFPE), possuem grupos correspondentes no mapeamento de PC da Figura 4.12. De acordo com Hair *et al.* (2019), as medidas de distância do HC focam nos valores de magnitude e retratam como semelhantes as unidades que estão mais próximas, incluindo seus diferentes padrões entre as variáveis. Em contraste, as medidas de correlação da PCA focam nos padrões entre as variáveis e não consideram a magnitude das diferenças entre as universidades brasileiras. Um resultado relevante é que, a partir do mapa PCA, as correlações entre UFBA e UFPE, UFV e UFSCar apresentaram similaridade com as distâncias calculadas considerando HC, mostrando concordância entre elas de forma integrativa. Além disso, Unicamp, Unesp e UFRGS são esparsos, mas a UFPR está próxima dos grupos (UFV, UFSCar) e (UFBA, UFPE).

4.2.2 Discussão dos Resultados da Primeira Abordagem Quantitativa

4.2.2.1 A Similaridade Entre Universidades Brasileiras

Detalhadamente, a similaridade entre Unesp e Unicamp fica evidente nas Figuras 4.11 e 4.12 e está de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.1. Cabe destacar também que, desde 2014, as universidades paulistas participam do Sistema Paulista de Ambientes de Inovação, formado pelo Sistema Paulista de Parques Tecnológicos, a Rede Paulista de Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica, a Rede Paulista de Centros de Inovação Tecnológica e a Rede Paulista de Núcleos de Inovação Tecnológica (CASTRO e SOUZA, 2012). Esse ecossistema, segundo Balle

et al. (2019), González-Masip *et al.* (2019) e Carayannis *et al.* (2014), beneficia tanto a indústria quanto as universidades no processo da inovação tecnológica.

O estado de São Paulo pode ser considerado líder na criação de um ambiente formal de inovação tecnológica. É relevante mencionar que, no Brasil, o SNCTI foi criado em 2015, um (1) ano após a criação do Sistema Paulista de Ambiente de Inovação. São Paulo possuía lei estadual e era, no período estudado, o único estado brasileiro com legislação específica sobre inovação tecnológica.

Seguindo esses aspectos, como financiamento superior, existência de ambientes de inovação e legislação específica, é possível explicar mais contribuições das universidades estaduais paulistas ao processo de inovação tecnológica. Soma-se a isso a economia predominantemente industrial do estado, que contribui para resultados positivos em inovação tecnológica.

O ambiente de inovação no Rio Grande do Sul não segue a estrutura paulista, mas a UFRGS se destaca por tentar oferecer a integração para a inovação tecnológica. Ressalta-se a criação do Núcleo de Empreendedorismo Inovador em 2012, composto por docentes e técnicos, que visa despertar a cultura do empreendedorismo e inovação entre seus docentes e discentes. Da mesma forma, em 2012, o Parque de Ciência e Tecnologia da UFRGS (ZENIT Park) começou a funcionar, o que impulsionou a transferência de tecnologia e aumentou o valor arrecadado pela Universidade.

A UFBA e a UFPE apresentaram similaridade nos dados apresentados na Tabela 4.1 e alguns fatores são explicados nas Figuras 4.11 e 4.12. Ambas foram criadas oficialmente no mesmo ano (1946), estão localizadas no nordeste brasileiro, em estados vizinhos. As economias da Bahia e Pernambuco são compostas pela agricultura, indústria, mineração, turismo e serviços. Vale ressaltar que nenhum dos estados possuía legislação específica para inovação, de modo que esse tipo de ambiente, em ambos, pôde ser considerado ainda pouco integrado. Além disso, os resultados observados nos parâmetros obtidos também são semelhantes para as duas (2) instituições.

A UFPR está localizada na região Sul do Brasil e, por essa razão, esperava-se desempenho semelhante ao da UFRGS. Os dados apresentados na Tabela 4.1 mostram muitas diferenças para a UFRGS e maior similaridade com UFBA e UFPE (Figuras 4.11 e 4.12). Isso se explica porque o estado do Paraná também carecia de

legislação e ambiente de inovação. Embora a economia paranaense seja bastante diversificada, pode-se encontrar um parque industrial bem desenvolvido, assim como um setor de serviços ligado aos centros urbanos. Contudo, o seu grande motor econômico é o agronegócio.

A similaridade entre a UFV e a UFSCar fica clara nas Figuras 4.11 e 4.12, concordando com os dados apresentados na Tabela 4.1. A UFV está localizada em Minas Gerais, onde não possuía legislação específica para inovação. A UFSCar, situada no estado de São Paulo, segue o Sistema Paulista de Ambiente de Inovação, e era esperada similaridade com a Unicamp e a Unesp.

Segundo Alnafrh e Zeno (2020), as diferenças estruturais entre os sistemas de inovação que caracterizam cada abordagem de inovação também têm impacto e precisam ser consideradas. Nesse sentido, a análise realizada por este trabalho revelou similaridade no processo de inovação tecnológica entre universidades brasileiras localizadas na mesma região geográfica. Na China, os resultados verificados por Zhao *et al.* (2015) e Li *et al.* (2020) da mesma forma demonstram que variações no contexto regional afetaram o funcionamento e os processos do sistema de inovação, bem como padrões de interação e processos que se reforçam entre os agentes de inovação.

Os resultados realizados por Loi e Di Guardo (2015) mostraram associação estatisticamente significativa entre a posição geográfica das universidades italianas. No norte da Itália foi verificado o perfil de “Exploração”, focado na divulgação de patentes. Já nas regiões centrais verificou-se o perfil de “Abertura”, prontidão para participar na mudança externa e para satisfazer as necessidades externas. No sul italiano constatou-se o perfil de “Necessidade de Coerência”, objetivado em equilibrar funções públicas e atividades de inovação tecnológica. O perfil “Velha Escola”, centrado em atividades empreendedoras como fonte de financiamento, encontrava-se distribuído uniformemente em todo o território italiano.

4.2.2.2 A Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras

Conforme apresentado a seguir, os resultados mostraram concordância com o arcabouço teórico da HT (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; ETZKOWITZ, 2013). Além disso, ratificando o descrito anteriormente, a Figura 4.12 fornece uma

representação gráfica das próprias hélices. De acordo com a análise multidimensional, muitas variáveis puderam ser mescladas como três PC e vistas à luz do modelo da HT. Assim, é possível mapear HT por meio da redução de variáveis, ou seja, diminuindo o número de dimensões dos parâmetros no conjunto de dados. A Figura 4.12 ilustra como as hélices da HT são visíveis considerando oito (8) universidades brasileiras, apresentando algumas interrelações entre academia, indústria e governo entre grupos universitários (ANDRADE *et al.*, 2022).

Na Espanha, Luengo-Valderrey *et al.* (2020) realizaram análise empírica de uma amostra estratificada de mais de 5.000 empresas de média e alta tecnologia. Os autores analisaram 21 indicadores por meio do método das equações estruturais e da análise de covariância para estabelecer relações causais entre o desempenho inovador das empresas e as informações obtidas da HT.

No contexto espanhol, Luengo-Valderrey *et al.* (2020) observaram que a universidade, embora considerada força motriz e a mais importante fonte de informação para a inovação tecnológica, perde espaço para centros tecnológicos, organizações públicas de pesquisa e consultorias. Os autores argumentaram que essa contradição pode resultar da diferença no tempo de resposta das universidades para o desenvolvimento da tecnologia em relação ao tempo demandado pelas empresas. Esses resultados de Luengo-Valderrey *et al.* (2020) também podem ser aplicados parcialmente no Brasil.

A partir da literatura foi possível observar estudos anteriores que consideraram PCA e/ou HC, no entanto, neste trabalho é apresentada nova abordagem que supera algumas limitações dos anteriores, que levaram em conta tais ferramentas estatísticas separadas. A forma integrada, adotada aqui, tornou possível implicações práticas e políticas mais amplas. Dados retirados de instituições brasileiras puderam ser usados como exemplos para outras aplicações em diferentes contextos ou países.

De igual forma a Basso *et al.* (2021), os resultados deste trabalho mostraram que a academia e a indústria continuam desenvolvendo suas atividades separadamente, operando juntas apenas de forma limitada e esporádica. Assim, notou-se que as interações das universidades brasileiras, investigadas nesta pesquisa, com outras instituições da HT ainda estão longe da importância relatada na literatura por autores como: Del Giudice (2008); Petruzzelli *et al.* (2010); Philpott *et al.* (2011); Perkmann *et al.* (2013); Carayannis *et al.* (2014); Romano *et al.* (2014); Sydow

et al. (2016); Sá *et al.* (2018); Dooley e Gubbins (2019); Johnston (2020); Wang e Lu (2021). Esses estudos argumentaram que a universidade pode explorar oportunidades de inovação estabelecendo laços mais fortes com indústria, governo e outros atores do território, tirando a tecnologia de seus limites, valorizando e explorando o conhecimento científico.

Vale ressaltar que no Brasil foram utilizados os conceitos do modelo da HT para criar o SNCTI. No entanto, o próprio sistema econômico do país, o baixo investimento nas universidades públicas e o pequeno número de empresas nacionais são fatores que dificultam o progresso científico e tecnológico e, conseqüentemente, a inovação tecnológica.

4.3 Explorando a Sinergia da Hélice Tríplice em Universidades Brasileiras por Meio da Análise Exploratória Multivariada

4.3.1 Resultados da Segunda Abordagem Quantitativa

Seguindo a metodologia descrita na Seção 3.2.2, expandindo a análise com base em 76 variáveis (ou parâmetros), apresentadas na Tabela 4.6, foi possível proceder à HC nas mesmas oito (8) universidades brasileiras: Unesp; Unicamp; UFRGS; UFSCar; UFV; UFPR; UFBA; e UFPE. A Tabela 4.5 mostra a matriz de distâncias euclidianas (dissimilaridades) entre as observações. A matriz apresenta elementos da diagonal principal com valores iguais a zero, pois a distância entre uma observação e ela mesma é zero. A partir da Equação (2) é possível observar que a distância é zero considerando o mesmo objeto. Além disso, pode-se notar que a distância entre Z_i e Z_j é igual à distância entre Z_j e Z_i . A Figura 4.13 mostra o dendrograma resultante da HC.

O diagrama da Figura 4.13 foi construído no *software* SPSS® usando o Método de Ward (WARD, 1963) para calcular diferenças. A Figura 4.14 mostra o MDS, também desenvolvido no SPSS®, baseado nas distâncias euclidianas mostradas na Tabela 4.5. Três instituições do Sudeste situaram-se no segundo e quarto quadrantes, enquanto uma do Sul e outra do Sudeste encontram-se localizadas no terceiro quadrante, as duas do Nordeste e uma do Sul estão no primeiro quadrante. O algoritmo buscou uma solução que minimizasse a tensão de Kruskal (1964),

apresentada na Equação (12). A forma como o *software* realiza o ajuste é subtraindo do valor da primeira iteração, o valor da segunda iteração e procedendo dessa forma, sucessivamente, até que no resultado da subtração, um valor de melhoria igual ou inferior a 0,001 é atingido.

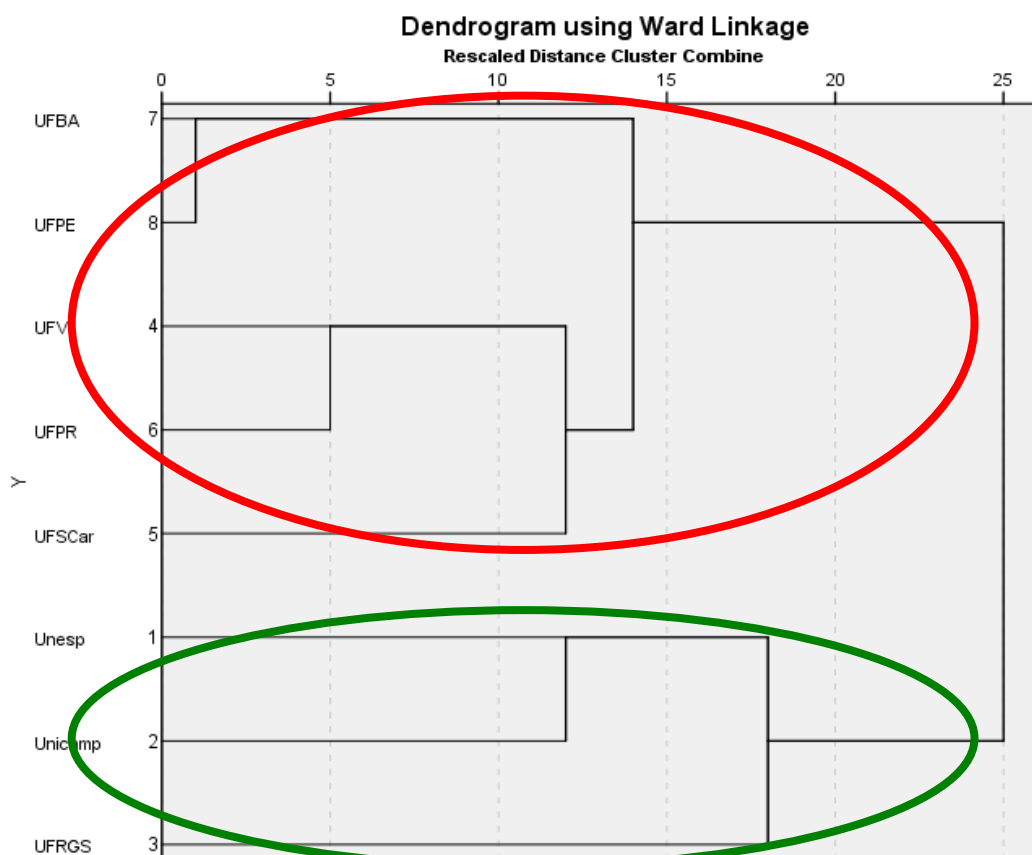
Tabela 4.5 – Matriz de distâncias euclidianas (dissimilaridades) entre as observações das oito universidades brasileiras.
Matriz de Proximidade*

Caso	Distância Euclidiana							
	1:Unesp	2:Unicamp	3:UFRGS	4:UFV	5:UFSCar	6:UFPR	7:UFBA	8:UFPE
1:Unesp	0,0000	11,904	14,648	14,935	12,926	13,531	14,383	12,052
2:Unicamp	11,904	0,0000	14,506	12,849	12,354	13,646	16,396	15,296
3:UFRGS	14,648	14,506	0,0000	13,389	14,221	13,551	12,387	11,622
4:UFV	14,935	12,849	13,389	0,0000	8,540	7,422	9,289	8,745
5:UFSCar	12,926	12,354	14,221	8,540	0,0000	12,655	11,716	10,376
6:UFPR	13,531	13,646	13,551	7,422	12,655	0,0000	9,656	9,451
7:UFBA	14,383	16,396	12,387	9,289	11,716	9,656	0,0000	5,017
8:UFPE	12,052	15,296	11,622	8,745	10,376	9,451	5,017	0,0000

*Esta é uma matriz de dissimilaridade

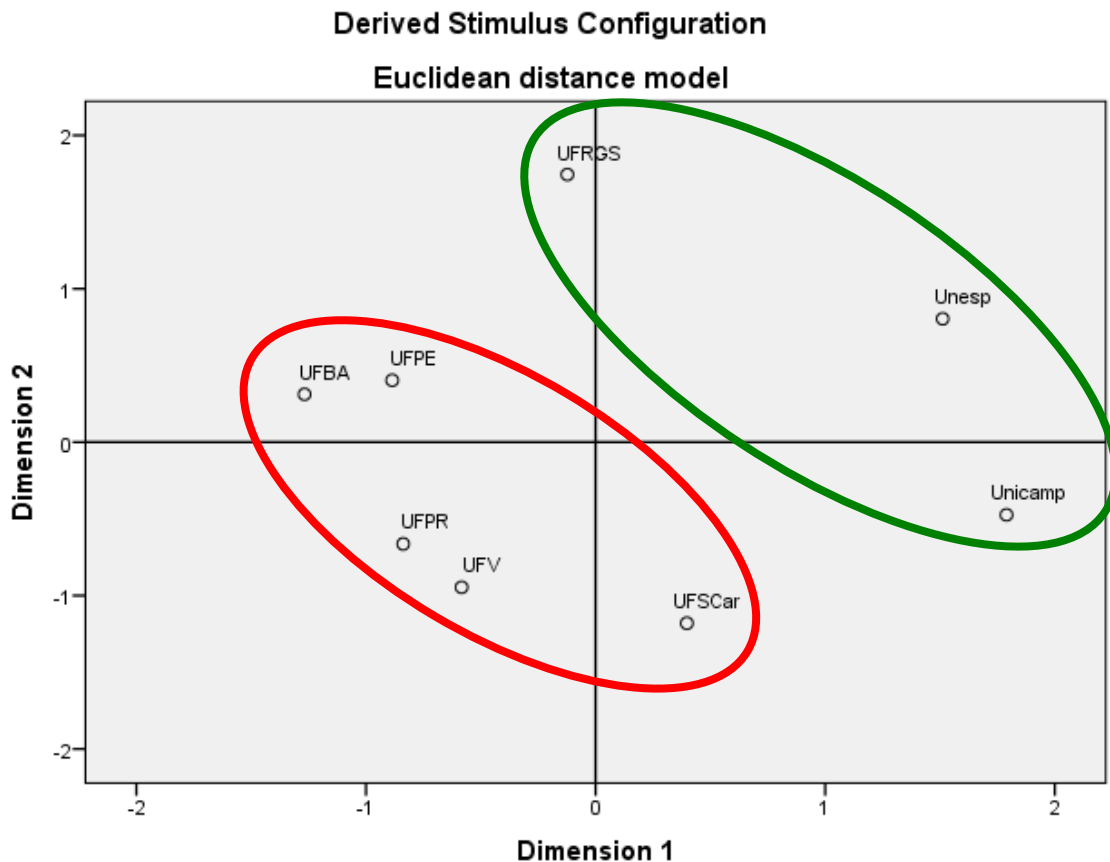
Fonte: Elaborada pelo autor no *software* SPSS®.

Figura 4.13 – Dendrograma para as oito universidades brasileiras, considerando a matriz de dissimilaridades (Tabela 4.5).



Fonte: Elaborada pelo autor no *software* SPSS®.

Figura 4.14 – MDS para as oito universidades brasileiras, considerando valores $Z_{i,p}$ padronizados segundo a Equação (9), da mediana de 76 variáveis e parâmetros.



Fonte: Elaborada pelo autor no *software* SPSS®.

O eixo horizontal do dendrograma (Figura 4.13) mostra as distâncias euclidianas entre as instituições de estudo ou, mais especificamente, sua dissimilaridade; as diferentes observações são listadas no eixo vertical. A Figura 4.13 também exibe, no eixo horizontal, que a menor distância entre duas universidades foi entre UFBA e UFPE, que apresentaram comportamentos semelhantes tanto na HC (Figura 4.13) quanto no MDS (Figura 4.14). Alguns dados explicaram a pequena dissimilaridade (ou grande similaridade) entre tais instituições. Ambas foram criadas oficialmente no mesmo ano (1946), estão no Nordeste do Brasil, em estados vizinhos, a UFBA está na Bahia e a UFPE está no estado de Pernambuco. As economias desses dois estados são compostas pela agricultura, indústria, mineração, turismo e serviços. Vale ressaltar que nenhuma dessas duas unidades federativas possuía, no período analisado, ambientes formais de inovação tecnológica e as iniciativas existentes ainda eram pouco integradas. Menciona-se que a UFBA estava vinculada ao Parque Tecnológico da Bahia e a UFPE esteve presente no Parque Porto Digital e

no Parque Tecnológico da Farmácia e Biociências de Pernambuco, ambientes estavam em diferentes estágios de implantação. Há movimento ocasional de universidades com outros atores no território para solidificar o ambiente de inovação nos dois estados (UFBA, 2019; UFPE, 2019).

A segunda menor dissimilaridade apresentada na Figura 4.13 revelou comportamentos semelhantes envolvendo a UFPR, localizada no estado do Paraná, e a UFV, situada no estado de Minas Gerais, também sendo possível perceber na Figura 4.14 a proximidade entre as instituições. Embora a economia paranaense seja bastante diversificada, possui parque industrial bem desenvolvido e um expressivo setor de serviços, ligado aos centros urbanos, o grande motor da economia paranaense, assim como da economia mineira, é o agronegócio. O Paraná e Minas Gerais careciam no período analisado, de ambiente formal para inovação tecnológica. A UFPR estava, apenas, ligada ao Curitiba Tecnoparque e a UFV fazia parte do Parque Tecnológico de Viçosa (UFPR, 2019; UFV, 2019).

Seguindo o eixo horizontal da Figura 4.13, a terceira menor distância revelou comportamento semelhante da UFSCar com a UFPR e a UFV. A posição da UFSCar na análise de *cluster* mostrada nas Figuras 4.13 e 4.14 é intrigante, visto que, localizada no estado de São Paulo, ela faz parte do Sistema Paulista de Ambientes de Inovação. Contudo, apresentou comportamento mais próximo ao da UFV e UFPR do que ao da Unicamp e Unesp. Isso se deve ao menor financiamento, menor número de professores, alunos, grupos de pesquisa e menor número de propriedades intelectuais depositadas e concedidas, além de menor transferência de tecnologia, quando comparado às outras universidades paulistas estudadas.

A quarta menor dissimilaridade na Figura 4.13 foi observada entre Unesp e Unicamp, que mostrou proximidade no MDS (Figura 4.14). Essas IES são as únicas universidades estaduais nesta análise e estão no estado de São Paulo; por isso, desde 2014, eles participam do já citado Sistema São Paulo de Ambientes de Inovação. Seguindo esses aspectos, como financiamento superior e a existência de ambientes formais de inovação, é possível explicar a similaridade entre as universidades estaduais de São Paulo como atores da inovação no contexto brasileiro. Soma-se a isso a economia predominantemente industrial do estado, o que potencializa sua contribuição para a inovação tecnológica.

Por fim, a última dissimilaridade que aparece no eixo horizontal da Figura 4.13 revela que a UFRGS é semelhante à Unesp e à Unicamp, segundo a aplicação de técnicas diferentes e expressa nas Figuras 4.13 e 4.14. O ambiente de inovação tecnológica no estado do Rio Grande do Sul não seguia a estrutura de São Paulo, mas a UFRGS se destacava por oferecer atividades de integração para inovação. Na UFRGS destacava-se a criação do Núcleo de Empreendedorismo Inovador em 2012, composto por docentes e técnicos, que visa despertar uma cultura de empreendedorismo e inovação entre seus professores e alunos. O Parque de Ciência e Tecnologia da UFRGS (ZENIT Park) também começou a funcionar em 2012 com o objetivo de promover o sistema de pesquisa, inovação e empreendedorismo da universidade por meio de novas ideias que transformassem o setor produtivo e trouxessem produtos e serviços inovadores para a sociedade. Isso impulsionou a transferência de tecnologia e aumentou o valor arrecadado, explicando os resultados alcançados pela instituição (UFRGS, 2019).

Analisando o dendrograma apresentado na Figura 4.13, utilizando o critério do maior salto (FÁVERO e BELFIORE, 2020), formaram-se dois (2) *clusters*. Sendo assim, dois (2) perfis de instituições podem ser observados: o primeiro incluiu Unesp, Unicamp e UFRGS; e o segundo abarcou as demais universidades: UFSCar, UFV, UFPR, UFBA e UFPE. A Figura 4.14 apresenta o MDS com esses mesmos *clusters*, destacados pelas duas elipses, mostrando concordância com a Figura 4.13, embora utilizem métricas diferentes em seus respectivos algoritmos. Assim, a análise realizada é consistente em termos de similaridade, além da aplicação de diferentes técnicas multivariadas.

4.3.2 Discussão dos Resultados da Segunda Abordagem Quantitativa

Os parâmetros de docentes, discentes, ambiente de pesquisa, publicação de artigos e patentes depositadas e concedidas, apresentados na Tabela 4.6, abordam as questões endógenas das oito (8) universidades brasileiras incluídas neste estudo. Esses dados são principalmente características individuais dessas instituições. Mas, para entender como tais questões endógenas impactaram nas contribuições das universidades brasileiras para a inovação tecnológica, de acordo com a teoria da HT,

incluiu-se parâmetros capazes de quantificar as relações dessas universidades com o governo e a indústria.

Uma análise multivariada, a exemplo da feita neste trabalho, apresenta resultados considerando uma infinidade de dados, e questões simples de endogeneidade não são tão claras ou fáceis de interpretar de uma única maneira. Assim, um mapeamento considerando todos os dados, como o MDS na Figura 4.14, pôde ajudar a interpretar as instituições brasileiras selecionadas e seus comportamentos em função do tempo e dos diversos parâmetros envolvidos, conforme detalhado adiante.

No sentido da HT, as atividades das universidades voltadas à inovação tecnológica são influenciadas pela presença de políticas internas que as regulam, segundo Romano *et al.* (2014) e Soares e Torkomian (2021). Todas as instituições consideradas para este estudo possuem políticas internas implementadas para contribuir com a inovação tecnológica (MCTIC, 2019) de acordo com a legislação pertinente ao período estudado (BRASIL, 2004). Portanto, uma possível justificativa para os resultados apresentados na análise de *cluster* é a estrutura e distribuição geográfica do NIT, embora existam em todas as regiões brasileiras, a grande maioria está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, onde instituições como a Unicamp, a Unesp e UFRGS estão inseridas (CROSS *et al.*, 2017; MCTIC, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019).

Em 2003 foi formalmente criado o Inova Unicamp, atual NIT da Unicamp, estrutura que concentra o incentivo à produção de tecnologia e à transferência de tecnologia para a indústria. Além disso, a partir de 2004, o Projeto Diligência de Inovação, que visa analisar a viabilidade de transformar resultados de pesquisas em patentes, todas essas iniciativas explicam a liderança da Unicamp no registro e concessão de patentes no período analisado (Unicamp, 2018).

O NIT da Unesp foi criado em 2007 e em 2009 passou a ser nomeado Agência Unesp de Inovação (AUIN), responsável por gerenciar todas as políticas e ações de proteção intelectual voltadas à promoção do uso do conhecimento científico, tecnológico e cultural produzido, incluindo os ambientes de inovação de 11 cidades do Estado de São Paulo (Unesp, 2018).

Na UFRGS, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico (SEDETEC) é o NIT responsável por intermediar os processos de transferência de tecnologia, bem como

administrar a propriedade intelectual da universidade. Foi criado em outubro de 2000 devido à percepção da necessidade de gestão mais efetiva e especializada das ações desenvolvidas pela UFRGS no campo do desenvolvimento tecnológico (UFRGS, 2019).

Outras instituições brasileiras, inclusive as que estão no segundo *cluster*, também possuem NIT. No entanto, suas estruturas são menos consolidadas do que as da Unesp, Unicamp e UFRGS (MCTIC, 2019). Assim, entre as instituições brasileiras estudadas, aquelas com NIT menos consolidado, comparativamente, não foram eficazes na criação e difusão de tecnologia com potencial de inovação tecnológica.

Essa observação é confirmada considerando os dados do ambiente de pesquisa coletados para esta análise, conforme mostrado na Tabela 4.6. Pode-se notar que as instituições que estão no primeiro *cluster*, tanto na Figura 4.13 quanto na Figura 4.14, tiveram mais grupos de pesquisa, doutores envolvidos em grupos de pesquisa e pesquisadores. Isso está de acordo com o observado por Jovanović *et al.* (2019) nos países da OCDE, ao citarem que as atividades de P&D são catalisadores de desempenho que promovem e impulsionam a inovação tecnológica. Portanto, os resultados da pesquisa científica e tecnológica podem ajudar a reduzir a dependência brasileira de fontes estrangeiras de tecnologia e promover o desenvolvimento de capacidades domésticas, conforme defendem Fischer *et al.* (2019).

Outra possível justificativa para a formação de *clusters* decorre das interações entre universidades e governo, de fato, como mostra a Tabela 4.6, visto que as instituições que estão no primeiro grupo receberam volume maior de financiamento público do que aquelas que estão no segundo *cluster*. Vale lembrar que, como defendem Ribeiro e Nagano (2018), Benevides *et al.* (2020) e Basso *et al.* (2021), o financiamento público representa a principal interação entre academia e governo no Brasil, no sentido da HT. A Unesp e a Unicamp estão localizadas em São Paulo, o estado mais rico do país. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) recebe 1% do imposto estadual e possui a estrutura mais consolidada do Brasil (CASTRO e SOUZA, 2012; CROSS *et al.*, 2017). Os dados coletados revelaram que o valor recebido pelas universidades paulistas se deve, principalmente, ao repasse dessa Fundação.

Outras Fundações Estaduais de Apoio recebem 1% do PIB dos estados em que estão localizadas, mas os valores são significativamente inferiores ao repasse feito pela FAPESP (CASTRO e SOUZA, 2012; CROSS *et al.*, 2017). No caso da UFRGS, que também está no primeiro *cluster*, a Fundação de Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) teve a menor participação no total de recursos recebidos pela instituição. No entanto, os valores repassados pela CAPES, CNPq e FINEP para a UFRGS foram, expressivamente, maiores do que para as instituições que estão no segundo *cluster*.

De acordo com a Tabela 4.6, as instituições do segundo *cluster*, UFBA, UFPE e UFSCar receberam volumes semelhantes de financiamento público. Apesar de estar no estado de São Paulo, a UFSCar recebeu menos que a Unicamp e a Unesp, mas, ainda assim, a maior parte do financiamento recebido por ela veio da FAPESP. A UFBA e a UFPE receberam valores muito semelhantes, entretanto a participação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) é substancialmente maior do que a da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). Isso é explicado pelo maior PIB do estado da Bahia, já que a UFBA recebeu menos recursos da CAPES, CNPq e FINEP do que a UFPE. As proximidades pela técnica de MDS da Figura 4.14 mostraram concordância em relação aos indicadores descritos acima.

A UFPR e a UFV receberam o menor financiamento, em termos comparativos. A Fundação Araucária, que apoia o desenvolvimento científico e tecnológico do estado do Paraná, transferiu, em comparação, os menores valores para a UFPR. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) transferiu, para a UFV, valores equivalentes aos das outras instituições. Novamente, a aplicação da técnica de MDS, que mostrou proximidade entre essas instituições na Figura 4.14, concorda com a análise acima.

As instituições de ensino superior na Colômbia, segundo Navas *et al.* (2020), são financiadas principalmente por meio de pagamentos de alunos e, portanto, a carga de ensino é alta. Por exemplo, um (1) professor com doutorado na Colômbia ensina quatro (4) ou cinco (5) disciplinas por semestre, enquanto em outros países é apenas uma (1) ou duas (2). Assim, para os autores, o investimento em pesquisa deve vir de recursos públicos ou de parcerias com a indústria e não de pagamento pelo

ensino. Caso contrário, esse investimento não garante melhoria na eficiência da pesquisa.

Os *clusters* apresentados nas Figuras 4.13 e 4.14 também se justificam pelas interações entre universidades e indústria. De acordo com a Tabela 4.6 e as Figuras 4.13 e 4.14, as universidades do primeiro *cluster* (Unesp, Unicamp e UFRGS) apresentaram mais interações com a indústria, ou seja, maior quantidade de projetos de inovação em cooperação, de acordos de transferência de tecnologia e mais recursos de transferência de tecnologia. Com exceção da UFSCar, as universidades do segundo *cluster* apresentaram menor interação com a indústria.

Os *clusters* nas Figuras 4.13 e 4.14 refletem, ainda, a existência de poucos ambientes formais de inovação no Brasil. Conforme citado por Balle *et al.* (2019), dos 336 desses ambientes existentes no mundo em 2019, apenas doze (12) estão localizados no Brasil, em sua maioria instalados nas regiões Sul e Sudeste, geograficamente próximos das instituições que estão no primeiro *cluster*. Isso impacta diretamente na contribuição das universidades brasileiras para a inovação tecnológica.

Vale lembrar que o interesse pelas interações entre diferentes instituições em ambientes de inovação tecnológica foi a base do quadro conceitual proposto por Freeman (1987), Lundvall (1992), Nelson (1993), Edquist (1997) e Freeman e Soete (2008). Os autores defendem que territórios com atitude positiva em relação à inovação tecnológica são mais dinâmicos e melhoram a atratividade e competitividade da região.

O fenômeno da aglomeração de empresas, universidades e outras instituições em espaços geográficos específicos em que interagem voluntária e involuntariamente com outros agentes por meio de vínculos diretos e indiretos e repercussões do conhecimento já é realidade para Unesp e Unicamp (PEREIRA *et al.*, 2019; BASSO *et al.*, 2021). Segundo WIPO (2022), o Estado de São Paulo, onde estão localizadas as duas (2) instituições, é considerado o único *cluster* de CT&I da América Latina. Essas instituições estão aproveitando as parcerias para desenvolver, conjuntamente, tecnologias e soluções inovadoras e, assim, gerar, transferir e absorver conhecimento técnico-científico. Tais ecossistemas, segundo Carayannis *et al.* (2014), Amaral (2015), Balle *et al.* (2019), e González-Masip *et al.* (2019), beneficiam universidades e centros de pesquisa como atores da inovação tecnológica.

Na perspectiva apresentada por Carayannis *et al.* (2014), Amaral (2015), Balle *et al.* (2019), e González-Masip *et al.* (2019), a existência de parques tecnológicos estabelece o vínculo entre governo, indústria e universidades, identificando as necessidades dos primeiros e buscando encontrar os recursos de que necessitam nas universidades. No contexto brasileiro, no período estudado, com base nos termos da Lei Federal de Inovação (BRASIL, 2004), cada universidade tinha a possibilidade de oferecer acesso a professores, pesquisadores, laboratórios e bibliotecas; organizações transformam invenções em inovações tecnológicas.

Nesse sentido, entre as universidades que estão no primeiro *cluster* das Figuras 4.13 e 4.14, Unesp e Unicamp estão inseridas no Sistema Paulista de Ambiente de Inovação. Enquanto a UFRGS, apesar de não possuir ambiente formal, ofereceu, como iniciativa própria, a integração entre os atores da inovação tecnológica no estado do Rio Grande do Sul. As instituições do segundo *cluster*, em geral, não estavam inseridas em ambientes formais de inovação e não promoviam integração com outros atores. A exceção é a UFSCar, que faz parte do Sistema Paulista de Ambientes de Inovação, e que, de certa forma, se aproxima da Unicamp e da Unesp, conforme mostra a Figura 4.14.

No Brasil, conforme discutido acima, diferenças regionais também puderam ser identificadas e influenciar a contribuição das universidades brasileiras para a inovação tecnológica, considerando a teoria da HT. Na China, os resultados verificados por Zhao *et al.* (2015) demonstraram que as variações no contexto regional afetaram o funcionamento e os processos do sistema de inovação, bem como os padrões e processos de interação que se reforçavam mutuamente entre os agentes de inovação.

Olhando para a projeção das regiões chinesas, Zhao *et al.* (2015) perceberam que o *cluster* de regiões subdesenvolvidas não difere daquele de regiões em desenvolvimento, no que diz respeito à infraestrutura disponível, recursos alocados e produção para a economia. No entanto, as regiões em desenvolvimento não são eficazes na geração ou disseminação do conhecimento tecnológico. Diferentemente do que pôde ser observado no Brasil, onde as instituições que estão no primeiro *cluster*, localizam-se em estados com a melhor estrutura científica e tecnológica disponível, maior disponibilidade de recursos e as regiões mais industrializadas do país.

As instituições que compõem o segundo *cluster*, com exceção da UFSCar, estão em estados com menor disponibilidade de infraestrutura e recursos e com maior vocação para o agronegócio. Nesse ponto, é possível destacar que a UFSCar se diferencia das universidades do primeiro *cluster* por sua interação com o governo e por questões endógenas, conforme discutido acima. No entanto, considerando a interação com a indústria, na proximidade geográfica dos ambientes de inovação e no contexto regional, a UFSCar parece semelhante às instituições do primeiro *cluster*.

No estudo de organizações públicas de pesquisa do Reino Unido, De La Torre *et al.* (2021) identificaram três perfis de atuação na transferência de conhecimento para fins de inovação tecnológica. Assim como nesta pesquisa, cada perfil identificado por De La Torre *et al.* (2021) está relacionado a características organizacionais específicas: porte, fonte de financiamento, publicações, patentes e interação com outros atores. As organizações agrupadas no perfil “Exploração Externa” eram instituições intensivas em pesquisa e com alto número de publicações. Essas organizações dependem de infraestruturas externas para explorar seus produtos de conhecimento. Em outras palavras, eram as empresas que adquirem propriedade intelectual da organização e a exploram na forma de produtos, serviços ou processos. Nesse perfil, percebe-se que, apesar da transferência de tecnologia, o valor arrecadado diretamente de fontes privadas é relativamente pequeno.

Além disso, de acordo com De La Torre *et al.* (2021), as organizações agrupadas no perfil “Colaboração de Usuários” apresentaram pesquisas financiadas pelo governo e colaborações diretas com usuários por meio de contratos, consultorias e prestação de serviços, sem depender de empresas privadas. Aqueles no perfil “Comercialização de Mercado” obtiveram grande parte de seus recursos de forma competitiva e contavam com a comercialização no mercado, tanto para seus resultados de pesquisa por meio de patenteamento, quanto para a prestação de serviços através de empresas especializadas. Essas organizações receberam parcela relativamente alta da receita de fontes privadas.

Ao contrário dos resultados de De La Torre *et al.* (2021), e em consonância com Dalmarco *et al.* (2019), Basso *et al.* (2021) e WIPO (2021; 2022), os resultados desta pesquisa mostraram que, no Brasil, as interações entre universidades e indústria, no âmbito da HT, ocorrem de forma limitada e esporádica devido à baixa adesão da indústria ao desenvolvimento tecnológico conjunto, marcada pelo baixo

número de projetos de inovação em cooperação e pequeno número de contratos de transferência de tecnologia. Os vínculos entre universidades e indústria permanecem fracos e dispersos, conforme destacado por Fischer *et al.* (2019). Com isso, as universidades têm atuado no desenvolvimento de pesquisas. Todavia, continuam tendo dificuldade em transferir conhecimento e tecnologia para o setor produtivo. Apesar das instituições do primeiro *cluster* estarem se empenhando, é importante notar que ainda existe lacuna entre a academia local e a indústria no Brasil.

As homogeneidades dos grupos foram identificadas por Loi e Di Guardo (2015) e Navas *et al.* (2020) para universidades italianas e colombianas, respectivamente, e por De La Torre *et al.* (2021) na análise comparativa de organizações públicas de pesquisa no Reino Unido e entre regiões chinesas de acordo com os resultados verificados por Zhao *et al.* (2015). Cabe destacar que as universidades brasileiras também apresentaram homogeneidades no que diz respeito às suas contribuições para a inovação tecnológica. Os dois (2) perfis identificados, ou seja, o padrão de como se deu o esforço e a realização no período analisado, são diferenciados pelas 76 variáveis e parâmetros, o que ficou evidente na análise de agrupamento das Figuras 4.13 e 4.14.

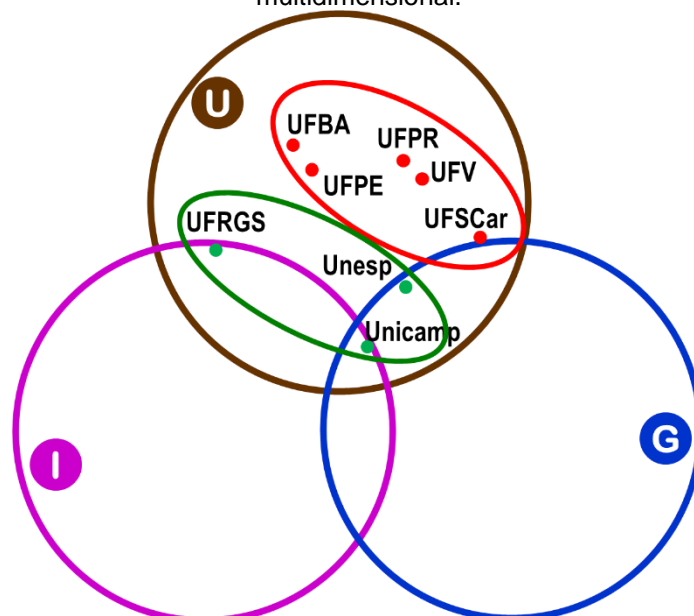
A Figura 4.15 resume como técnicas exploratórias multivariadas podem ajudar na visualização de HT e suas interações. Em particular, as oito (8) universidades brasileiras foram divididas em dois (2) *clusters* e distribuídas em um mapa de acordo com duas (2) ferramentas estatísticas diferentes (HC e MDS) devido à redução das variáveis.

Pode-se observar na Figura 4.15 que as instituições do primeiro *cluster* (Unesp, Unicamp e UFRGS) estão posicionadas próximas às interseções duplas ou tríplice da HT. Particularmente, a UFRGS está na intersecção dupla entre universidade e indústria, o que é explicado pelos dados de variáveis (ou parâmetros) de interações entre universidade e indústria, apresentados na Tabela 4.6. Menciona-se que a UFRGS foi a instituição que apresentou o maior valor de dinheiro gerado com a transferência de tecnologia. A Unesp está na intersecção dupla entre as hélices da universidade e do governo, e, em termos de financiamento público, é a instituição que recebeu os maiores montantes.

Na Figura 4.15, a Unicamp está posicionada na intersecção tríplice, entre universidade, indústria e governo. Isso significa que a Unicamp, dentre as instituições

estudadas, apresentou maior alinhamento com a teoria da HT (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 1997; FREEMAN e SOETE, 2008; ETZKOWITZ, 2013; ETZKOWITZ e ZHOU, 2017; CAI e ETZKOWITZ, 2020). Os dados apresentados na Tabela 4.6 mostram que a Unicamp continua com as funções fundamentais de disseminar conhecimento, formar recursos humanos, realizar pesquisas básicas e aplicadas e desenvolver protótipos de tecnologias inovadoras, que são questões de endogeneidade. Mas também está alcançando a sinergia da Hélice Tríplice, com a indústria e o governo, segundo o que defende Etzkowitz e Zhou (2017).

Figura 4.15 - Esquema do modelo de interação de campo de Hélice Tríplice, visto como um mapa multidimensional.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Também é possível perceber na Figura 4.15 que as instituições que foram agrupadas no segundo *cluster* (UFSCar, UFV, UFPR, UFBA e UFPE) ainda estão muito focadas em abordar questões de endogeneidade como docentes, discentes, publicação de trabalhos e patentes depositadas e concedidas. Eles ainda têm menos sinergia da HT, um tipo de fragilidade descrita por Amaral (2015), ratificado pelos dados da Tabela 4.6, que revelam esse comportamento das instituições.

Por isso, as contribuições das universidades brasileiras para a inovação tecnológica no sentido de HT não podem ser descritas por simples relações entre os parâmetros (por exemplo, "mais patentes, mais financiamento público"). Em outras palavras, notou-se um sistema complexo envolvendo questões endógenas (docentes, discentes, ambiente de pesquisa, publicação de artigos e patentes depositadas e

concedidas) nas relações dessas universidades com o governo e a indústria e o contexto regional. Tudo isso, em conjunto, explicou o agrupamento. Tais resultados também estão de acordo com análises anteriores das mesmas instituições brasileiras com menos variáveis em uma abordagem multidimensional diferente, conforme Andrade *et al.* (2022). As diferenças podem aparecer quando se consideram variáveis distintas ou mesmo diversas padronizações, relacionadas à Equação (9). Além disso, os presentes resultados multidimensionais de HC e MDS mostraram concordância entre eles de forma integrativa, proporcionando também o mapeamento das hélices da HT em termos das universidades, considerando todos os dados disponíveis, reduzindo substancialmente o número de variáveis analisadas.

Tabela 4.6 - Medianas das 76 variáveis e parâmetros entre 2008 e 2015.

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE
Docentes	X ₁	Número de docentes	3589,00	1744,50	2340,00	1063,00	978,50	2217,00	2245,00	2462,50
	X ₂	Número de docentes doutores	3357,50	1712,50	1955,50	805,00	920,00	1620,00	1524,50	1971,00
Discentes	X ₃	Número de discentes	46999,00	29005,00	33789,75	15846,50	14369,50	28988,50	36681,00	35800,50
	X ₄	Número de discentes de graduação	35797,50	17838,00	24323,50	13045,50	11164,50	24877,00	32040,50	28672,00
	X ₅	Número de discentes de pós-graduação	11423,50	11167,00	10370,00	2815,50	3350,50	4136,00	4640,50	7152,00
	X ₆	Número de discentes de mestrado	6625,00	5269,50	5669,00	1573,50	1989,00	2547,50	2708,00	4337,50
	X ₇	Número de discentes de doutorado	5118,00	5881,50	4648,50	1237,50	1353,50	1575,00	1932,50	2782,50
	X ₈	Relação discente por docente	13,16	16,54	14,85	14,26	14,40	12,80	16,17	14,55
	X ₉	Relação discente por docente doutor	14,29	16,75	17,43	18,90	15,43	18,70	23,69	18,23
Ambiente de Pesquisa	X ₁₀	Número de grupos de pesquisa na Plataforma <i>Lattes</i> do CNPq	1015,13	722,00	735,88	310,13	413,38	460,88	503,00	572,88
	X ₁₁	Número de pesquisadores	6163,13	4448,63	4536,13	1857,00	2023,00	3087,25	3254,50	3315,00
	X ₁₂	Número de doutores envolvidos em grupos de pesquisa	5396,63	3976,00	3648,38	1553,10	1802,50	2494,63	2259,50	2564,88
	X ₁₃	Número de grupos de pesquisa por docente	0,28	0,41	0,32	0,28	0,39	0,21	0,23	0,23
	X ₁₄	Número de grupos de pesquisa por docente doutor	0,30	0,42	0,38	0,37	0,43	0,29	0,33	0,28
	X ₁₅	Número de grupos de pesquisa por discente	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02
	X ₁₆	Percentual de doutores envolvidos em grupos de pesquisa por pesquisadores	0,88	0,89	0,80	0,84	0,88	0,81	0,69	0,78
	X ₁₇	Pesquisadores por número de grupos de pesquisa	6,07	6,12	6,16	5,99	4,89	6,70	6,47	5,78
	X ₁₈	Doutores envolvidos em grupos de pesquisa por grupo de pesquisa	5,31	5,47	4,96	5,01	4,36	5,41	4,49	4,48

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE	
Publicação de Artigos	X ₁₉	Número de artigos publicados	5128,00	4361,50	2521,50	1165,00	886,50	4015,50	697,00	1113,00	
	X ₂₀	Número de artigos publicados por docente	1,40	2,39	1,07	1,09	0,86	1,80	0,31	0,45	
	X ₂₁	Número de artigos publicados por docente doutor	1,52	2,43	1,29	1,43	0,92	2,40	0,47	0,54	
	X ₂₂	Número de artigos publicados por discente	0,11	0,15	0,07	0,08	0,06	0,13	0,02	0,03	
	X ₂₃	Número de artigos publicados por grupo de pesquisa	5,44	6,05	3,39	3,76	2,19	8,17	1,39	1,92	
	X ₂₄	Número de artigos publicados por pesquisador	0,88	1,00	0,56	0,63	0,43	1,17	0,22	0,33	
Patentes Depositadas e Concedidas	X ₂₅	Número de patentes protocoladas	19,50	77,50	44,50	29,00	13,50	48,00	16,50	18,50	
	X ₂₆	Número de patentes protocoladas no Brasil	16,00	63,00	40,00	29,00	13,00	48,00	15,50	12,00	
	X ₂₇	Número de patentes protocoladas em outros países	3,50	5,50	2,50	0,00	1,00	0,00	1,00	1,50	
	X ₂₈	Número de concessões de patentes	5,00	12,50	2,00	5,00	6,50	0,00	0,00	1,00	
	X ₂₉	Número de concessões de patentes protocoladas no Brasil	4,50	10,00	1,00	4,00	6,50	0,00	0,00	1,00	
	X ₃₀	Número de concessões de patentes protocoladas em outros países	1,00	1,50	0,50	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	
	X ₃₁	Número de patentes protocoladas por docente	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	
	X ₃₂	Número de patentes protocoladas por docente doutor	0,01	0,05	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	
	X ₃₃	Número de patentes protocoladas por discente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	X ₃₄	Número de patentes protocoladas por grupo de pesquisa	0,02	0,11	0,06	0,10	0,04	0,10	0,03	0,03	
	X ₃₅	Número de patentes protocoladas por pesquisadores	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	X ₃₆	Percentual de patentes protocoladas no Brasil pelo número de patentes protocoladas	0,82	0,93	0,91	1,00	0,90	1,00	0,97	0,89	

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE
Patentes Depositadas e Concedidas	X ₃₇	Percentual de patentes protocoladas em outros países pelo número de patentes protocoladas	0,18	0,07	0,09	0,00	0,10	0,00	0,03	0,11
	X ₃₈	Número de patentes concedidas por número de patentes protocoladas	0,30	0,16	0,05	0,17	0,53	0,00	0,00	0,05
	X ₃₉	Número de concessões de patentes protocoladas no Brasil por número de patentes protocoladas no Brasil	0,19	0,15	0,04	0,16	0,41	0,00	0,00	0,07
	X ₄₀	Número de concessões de patentes protocoladas em outros países por número de patentes protocoladas em outros países	0,33	0,25	0,06	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
	X ₄₁	Percentual de concessões de patentes protocoladas no Brasil por patentes concedidas	0,85	0,86	0,71	1,00	0,88	0,00	0,00	1,00
	X ₄₂	Percentual de concessões de patentes protocoladas em outros países por patentes concedidas	0,13	0,14	0,13	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
Interações entre Universidades e Governo	X ₄₃	Financiamento público	338624441,97	304959117,55	189614477,08	85713798,58	125303157,37	97242494,21	118042999,78	139240310,81
	X ₄₄	Financiamento público recebido através do CNPq	49277114,93	66703790,16	79377326,10	30694252,64	22167254,06	25866892,95	27186657,90	47486428,57
	X ₄₅	Financiamento público recebido através da CAPES	56515445,60	46656830,75	43346048,49	12260137,76	20122805,64	24262637,73	22041107,85	29080102,51
	X ₄₆	Financiamento público recebido através da FINEP	63552162,83	52466055,48	45467073,16	15050443,20	22628288,72	32416339,19	37012162,18	34644085,45
	X ₄₇	Financiamento público recebido através da Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa	151151944,45	124784837,39	13200737,25	21883544,29	53818936,89	8643630,60	30555004,68	21321599,86
	X ₄₈	Financiamento público por docente	94313,46	175939,95	77883,03	75593,69	119868,65	40533,43	54464,51	54225,67
	X ₄₉	Financiamento público por docente doutor	100915,87	178559,50	93616,71	99014,30	127848,02	55539,52	79410,45	67708,27

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE
Interações entre Universidades e Governo	X ₅₀	Financiamento público por discente	7203,01	10509,69	5290,93	5176,54	8156,73	3129,84	3395,80	3798,50
	X ₅₁	Financiamento público por grupos de pesquisa	331146,29	419850,26	249695,25	269980,60	299525,19	196967,37	240710,26	236369,80
	X ₅₂	Financiamento público por pesquisador	53034,75	67538,46	41302,54	43907,10	58754,26	29153,01	37282,05	41353,26
	X ₅₃	Financiamento público por artigo publicado	56454,05	66726,16	74767,46	67964,99	138712,14	25644,27	168789,89	125460,36
	X ₅₄	Financiamento público por patentes protocoladas	16668498,24	3787937,97	4581890,10	2705635,47	6802001,12	2147604,93	6034316,00	7819567,42
	X ₅₅	Financiamento público por número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento	17741268,26	36599254,02	62492394,35	63831422,42	32176704,96	15296359,62	2674820,27	0,00
	X ₅₆	Financiamento público por valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento	1424,87	584,40	210,90	0,00	230,00	0,00	0,00	0,00
Interações entre Universidades e Indústria	X ₅₇	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros	1,00	11,50	70,00	0,00	2,00	0,00	18,00	12,50
	X ₅₈	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados	11,00	9,00	1,50	1,00	2,50	3,00	0,34	0,00
	X ₅₉	Valor arrecadado com os contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados	204798,50	476187,50	28500745,86	0,00	516948,83	0,00	0,00	0,00
	X ₆₀	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros por docente	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	X ₆₁	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros por docente doutor	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	X ₆₂	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros por discente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X ₆₃	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros por grupo de pesquisa	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE
Interações entre Universidades e Indústria	X ₆₄	Número de projetos de inovação em cooperação com terceiros por pesquisador	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	X ₆₅	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por patentes protocoladas	0,59	0,11	0,04	0,03	0,16	0,06	0,02	0,00
	X ₆₆	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por docente	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X ₆₇	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por docente doutor	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X ₆₈	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por discente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X ₆₉	Número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por número de grupos de pesquisa	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
	X ₇₀	Número contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados por pesquisadores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	X ₇₁	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por docente	56,15	271,97	10847,50	0,00	528,37	0,00	0,00	0,00
	X ₇₂	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por docente doutor	59,83	275,47	12184,48	0,00	561,60	0,00	0,00	0,00
	X ₇₃	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por discente	4,26	16,12	745,55	0,00	35,93	0,00	0,00	0,00
	X ₇₄	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por número de grupos de pesquisa	202,07	660,44	35921,21	0,00	1249,27	0,00	0,00	0,00

		Variáveis/Parâmetros	Unesp	Unicamp	UFRGS	UFV	UFSCar	UFPR	UFBA	UFPE
Interações entre Universidades e Indústria	X ₇₅	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por pesquisadores	33,64	102,44	5323,43	0,00	255,18	0,00	0,00	0,00
	X ₇₆	Valor arrecadado com contratos de transferência de tecnologia e licenciamento por número de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento assinados	11575,97	71257,94	200644,25	0,00	59621,59	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborada pelo autor, considerando os dados coletados em UFBA (2019), UFPE (2019), UFSCar (2019), UFRGS (2019), Unesp (2018), Unicamp (2018), CNPq (2019), CAPES (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

De modo semelhante ao que foi apresentado na Seção 4 (Resultados e Discussão), nesta Seção 5 as considerações finais da presente tese estão apresentadas no formato dos artigos, submetidos ou publicados, com vista a responderem aos objetivos propostos neste estudo. Na sequência, estão dispostas as conclusões conforme a tese defendida. Por fim, são oferecidas sugestões de trabalhos futuros.

5.1 Considerações Finais Referentes à Abordagem Qualitativa

O propósito da abordagem predominantemente qualitativa foi entender a contribuição das universidades na inovação tecnológica a partir das publicações que tratam do modelo da HT no contexto brasileiro. Para tanto, utilizou-se o *software* IRAMUTEQ com a finalidade de proceder a ATD e analisar os *abstracts* de 48 textos, entre eles artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de livros indexados nas bases: *Scopus* e *Web of Science*, totalizando 8.421 ocorrências de palavras.

A análise CHD evidenciou que existe concordância teórica entre os conteúdos publicados sobre o tema e igualmente permitiu identificar as semelhanças e diferenças no léxico utilizado pelas fontes diversas. Ao observar o dendrograma (Figura 4.1) e as nuvens de palavras (Figura 4.2), notou-se que quatro (4) principais temas são discutidos no *corpus* textual, originando quatro (4) classes, que apresentaram vocabulário semelhante entre si e diferente das demais. A Classe 1 abordou a atuação das universidades na HT e a interação com os outros atores envolvidos na inovação. A Classe 2 tratou da inovação e conceitos relacionados à matéria. A Classe 3 versou sobre o desenvolvimento econômico e social promovido pelas universidades enquanto atores da inovação. A Classe 4 acercou-se da pesquisa acadêmica e dos depósitos e concessões de patentes (ANDRADE *et al.*, 2023).

A partir da Análise de Similitude para as Classes 1, 2, 3 e 4, mostradas nas Figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, respectivamente, identificou-se as conexões e a estrutura de conteúdo entre as palavras na construção de cada uma delas. Com base na

frequência das palavras na Figura 4.5 foi possível, particularmente, visualizar a HT no contexto brasileiro. Partindo das Figuras 4.6, 4.7 e 4.8, adquiriu-se conhecimento sobre as particularidades das universidades brasileiras enquanto atores da inovação tecnológica, ou seja, enquanto hélice da HT. Vale ressaltar que esse tipo de abordagem promoveu a visualização de atores da HT por meio de um mapa obtido da frequência das palavras e as indicações de conexões entre si por meio das linhas produzidas. A abordagem pode, portanto, ser utilizada como ferramenta analítica e como inspiração para nortear a proposição de políticas de inovação tecnológica (ANDRADE *et al.*, 2023).

Observou-se que, no Brasil, o baixo volume de publicações revelou que as interações entre as universidades e a indústria são esporádicas e limitadas e a atuação do governo se deu, principalmente, na elaboração de leis e políticas públicas de fomento à inovação e no financiamento à inovação tecnológica. Com isso, o fluxo de conhecimento e tecnologia não tem se mostrado suficiente para que o país atinja a maturidade na HT. Assim, as contribuições das universidades para a inovação tecnológica ainda estão aquém das possibilidades promovidas pelo modelo da Hélice Tríplice.

É importante citar que os resultados devem ser examinados à luz das limitações deste trabalho, especialmente, devido ao pequeno número de publicações brasileiras sobre o tema em estudo. Nesse sentido, a realização de análises futuras poderá complementar as discussões, incluindo publicações que tratam deste mote em outros países.

Por fim, vale comentar que este trabalho não esgota o terreno conceitual do tema, atual e emergente (ANDRADE *et al.*, 2023). A abordagem da ATD pôde esclarecer e trazer novas luzes frente às análises tradicionais e clássicas de estudos sobre inovação tecnológica, como exemplo de visualização da HT num contexto nacional. Trata-se de nova possibilidade metodológica, capaz de sintetizar grande volume de conhecimento.

5.2 Considerações Finais Referentes à Primeira Abordagem Quantitativa

Em se tratando da primeira abordagem quantitativa, as análises comparativas apresentadas e baseadas em HC e PCA correspondem a uma nova proposta de

compreensão e visualização de dados tão complexos, associando variáveis, parâmetros e/ou dimensões. Para lidar com muitos dados, tais técnicas exploratórias são algumas das melhores para enfrentar problemas multivariados, que identificam similaridade (por exemplo, de HC) e simplificar variáveis-chave (por exemplo, de PCA), ajudando a avançar no entendimento da dinâmica complexa dos atores da HT. Particularmente, considerando tais ferramentas matemáticas e estatísticas aplicadas a dados das universidades brasileiras, as hélices da teoria da HT se tornaram visíveis e agrupadas, levando em conta as interrelações indústria, academia e governo (ANDRADE *et al.*, 2022).

Assim, um sistema complexo como o modelo da HT pôde ser ilustrado pela Figura 4.12, apresentando as interrelações da indústria, academia e governo. Determinando também as principais instituições e variáveis em um conjunto de dados multidimensional, sendo assim possível mapear a HT. Os resultados confirmaram que a PCA pode encontrar um conjunto reduzido de PC úteis para entender os parâmetros mais relevantes das universidades brasileiras e sua contribuição para a inovação tecnológica. Esses PC estão mais relacionados às variáveis pesquisadores com doutorado, projetos de inovação em colaboração e patentes depositadas, na ordem, abrangendo 93% da variância total, capturando, assim, a maior parte das informações dos dados originais (ANDRADE *et al.*, 2022).

Outra vantagem do uso do PCA em conjunto com a HC, neste estudo, foi possibilitar critérios gráficos simples para classificar e agrupar diferentes universidades brasileiras. Notou-se que todos os *clusters* apresentados no dendrograma possuem grupos correspondentes no mapeamento de PC. Este trabalho apresentou, portanto, uma nova estrutura de análise para explicar a forma como as inovações tecnológicas surgem e se difundem no modelo da HT. Houve estudos anteriores considerando PCA e HC, mas neste é apresentada uma nova abordagem que supera algumas limitações ao levar em conta tais ferramentas estatísticas consideradas antes em separado, mapeando a HT de forma integrativa (ANDRADE *et al.*, 2022).

De fato, uma limitação observada em estudos anteriores foi não considerar as análises exploratórias como ferramentas complementares. Outra foi não interpretar as representações gráficas como as próprias hélices. Os gráficos podem ajudar a resumir análises multivariadas, fornecendo representação em termos da redução da

dimensionalidade dos dados. Seguindo esses procedimentos, pelo menos para alguns casos, muitas variáveis podem ser mescladas como PC e vistas à luz do modelo da HT como suas hélices (ou parte delas), que podem ser aplicadas a outros contextos e, até mesmo, a outros países. Dessa forma, as análises exploratórias PCA e HC puderam ser utilizadas como critérios gráficos para combinar hélices no contexto do modelo da HT.

Esta primeira abordagem quantitativa contribuiu para a literatura regional de inovação ao aprimorar a análise multidimensional das capacidades inovativas nas universidades brasileiras, principalmente em termos de pessoal, colaborações e infraestrutura. Os achados devem ser examinados à luz das limitações deste trabalho. Por exemplo, os resultados não são extensivos às outras universidades brasileiras, sua quantidade de investimentos em inovação e apoio às políticas do governo local. Pesquisas futuras podem considerar bases de dados maiores para investigar outras instituições e comparar com diferentes países. No entanto, a presente abordagem matemática e estatística lança inspiração sobre análises tradicionais e clássicas, no que tange aos estudos de inovação, oferecendo novas possibilidades, como a minimização de algumas subjetividades na classificação da inovação, especialmente, feita em universidades e centros de pesquisa (ANDRADE *et al.*, 2022).

5.3 Considerações Finais Referentes à Segunda Abordagem Quantitativa

Com relação à segunda abordagem quantitativa, considerando todos os dados referentes às 76 variáveis e parâmetros, foram utilizadas as técnicas da análise hierárquica de *clusters* e do escalonamento multidimensional nas mesmas oito (8) universidades públicas brasileiras incluídas na primeira abordagem quantitativa. Para tanto, utilizou-se HC e MDS para obtenção dos *clusters*, considerando as similaridades entre as instituições. De fato, observou-se que basicamente dois (2) *clusters* foram formados: o primeiro incluiu Unesp, Unicamp e UFRGS; e o segundo abarcou UFPR, UFBA, UFPE, UFSCar e UFV. Ambas as análises coincidiram em termos desses *clusters*, algo não esperado por se tratar de técnicas que apresentam premissas e algoritmos diferentes.

Assim, o resultado do MDS está de acordo com a HC, que também apresentou os mesmos dois (2) *clusters*. Em outras palavras, os produtos deste trabalho

mostraram que é possível mapear grande quantidade de dados referentes a diferentes universidades em poucos *clusters* com base em distintas ferramentas exploratórias multivariadas, de forma integrativa. Este achado corresponde a uma nova proposta de compreensão e visualização de dados tão complexos, associando muitas variáveis, parâmetros e/ou dimensões. Para lidar com grande quantidade de dados, tais técnicas exploratórias, assim como a PCA (utilizada na primeira abordagem quantitativa), são algumas das melhores para enfrentar problemas multivariados, oferecendo a possibilidade de avançar na dinâmica complexa da HT.

No presente estudo, observou-se que as políticas internas, como o NIT, assim como o contexto regional, em que a Unicamp, Unesp e UFRGS estão inseridas explicam seus melhores resultados em termos de contribuição para a inovação tecnológica, quando comparados às outras instituições incluídas na amostra. Além disso, questões endógenas e a interação com outros atores da HT influenciaram no agrupamento. Notou-se, da mesma forma, que as instituições do primeiro *cluster* receberam maior volume de financiamento público do que as do segundo.

Estudos anteriores, citados nesta pesquisa, promoveram abordagens semelhantes, mas neste trabalho é importante destacar que duas (2) técnicas estatísticas exploratórias diferentes apresentaram resultados próximos. A abordagem pode, portanto, ser utilizada como ferramenta analítica e como inspiração para orientar a gestão de CT&I nas universidades e para a proposição de políticas de inovação tecnológica a partir dos três atores da HT. Seguindo esses procedimentos, pelo menos para alguns casos, o método pode ser aplicado em outros contextos e países. Também é importante citar que trabalhos, como os de Zhao *et al.* (2015) e De La Torre *et al.* (2021), apresentaram a aplicabilidade e escalabilidade do HC em diferentes contextos e nações.

Outra contribuição notável deste trabalho é que ele favorece a discussão de políticas públicas voltadas ao incentivo de parcerias. É importante mencionar que os resultados também devem ser examinados à luz dos seus entraves, especialmente os limites das análises exploratórias multivariadas que não possuem caráter preditivo para outras observações não presentes inicialmente nos dados. Pesquisas futuras podem considerar bases de dados maiores para investigar outras universidades brasileiras e, eventualmente, instituições de outros países.

Por fim, vale ressaltar que este estudo não esgota o terreno conceitual do tema, atual e emergente, a saber: a contribuição é a abordagem quantitativa matemática e estatística que pode colaborar para o esclarecimento, em comparação com a análise qualitativa mais tradicional e clássica de estudos sobre inovação tecnológica. A principal vantagem da análise multivariada é permitir critérios gráficos fáceis para classificar variáveis (ou parâmetros) de academias e centros de pesquisa de acordo com o modelo da HT. Essa é uma nova possibilidade, capaz de minimizar algumas subjetividades na classificação da inovação.

5.4 Conclusões

A utilização da linguagem matemática e estatística, seja no primeiro plano, como adotado nas duas (2) abordagens quantitativas, ou no segundo plano, na abordagem qualitativa, mostrou-se promissora para a compreensão das diversas e complexas interações entre academia, governo e indústria, atuando no processo da inovação tecnológica. Percebeu-se, ainda, que diferentes abordagens, técnicas, *softwares* e algoritmos são válidos para os estudos em inovação tecnológica e que o emprego delas, em conjunto, enriquece as análises.

Com os resultados da abordagem predominantemente qualitativa através da ATD foi possível evidenciar a concordância teórica entre os conteúdos publicados sobre o tema, assim como a estrutura de conteúdo tornou possível fazer um retrato da HT no Brasil, a partir das publicações científicas dedicadas à temática. É notável que a representação gráfica emergente da ATD, especialmente na Figura 4.5, estabelece visualmente o que se propôs enquanto teoria da HT. Em outras palavras, com base na frequência das palavras foi possível visualizar a HT no contexto brasileiro. A ATD pode, portanto, ser utilizada como ferramenta analítica para a caracterização da HT, através de grafos, figuras e tabelas.

Nas duas (2) abordagens quantitativas, as análises exploratórias multivariadas se mostraram efetivas no retrato da HT, no caso brasileiro. A proposta multivariada, em diferentes técnicas, proporcionou a compreensão e visualização de dados complexos, associando muitas variáveis e parâmetros e/ou dimensões. Com os resultados, um sistema complexo como o modelo da HT pôde ser ilustrado, principalmente, pela Figura 4.12. Tais ferramentas estatísticas retrataram as hélices

da teoria da HT e, dessa forma, as interrelações academia, indústria e governo se tornaram visíveis e agrupadas em figuras e tabelas a partir dos dados de universidades públicas brasileiras.

Em suma, os resultados confirmam que a PCA permite a utilização de dados disponíveis de universidades públicas para encontrar um conjunto reduzido de variáveis e parâmetros úteis e, assim, revelar quantas e quais delas são mais relevantes para caracterizar a Hélice Tríplice no Brasil e a contribuição das universidades brasileiras para a inovação tecnológica. Três (3) parâmetros, ou seja, os PCs, abrangeram 93% da variância total, capturando assim a maior parte das informações dos dados originais. Tais parâmetros estão relacionados, principalmente, às variáveis pesquisadores com doutorado, projetos de inovação em colaboração e patentes depositadas, nessa ordem.

Valioso aporte teórico se deu com a possibilidade de representação gráfica da Hélice Tríplice no contexto brasileiro, e com a, conseqüente, um retrato de como as universidades públicas se inserem nesse modelo de inovação tecnológica, conforme suas contribuições ao processo. O presente trabalho mostrou a possibilidade de visualização da HT a partir de diferentes abordagens, considerando análises estatísticas do tipo frequência, análise hierárquica de *clusters*, escalonamento multidimensional e análise por componentes principais.

Diante disso, foi possível, então, atingir todos os objetivos propostos nesta tese, a saber: caracterizou-se a HT no contexto brasileiro a partir de publicações científicas dedicadas à temática, utilizando a ATD; obteve-se um retrato matemático/estatístico da HT no Brasil, com base nos dados disponíveis de universidades públicas; determinou-se o conjunto de variáveis e parâmetros mais influente no processo de inovação tecnológica, em consonância com a teoria da HT; houve a comparação dos resultados alcançados nesta tese com análises qualitativas e/ou quantitativas disponíveis na literatura da HT; e, assim, retratou-se a HT por meio de técnicas matemáticas e estatísticas aplicadas a dados de universidades públicas brasileiras e compreendeu-se a contribuição dessas universidades à inovação tecnológica

Da mesma forma também foi possível gerar uma fotografia de oito (8) universidades brasileiras no período de 2008 até 2015. Sendo assim, em particular, mostrou-se que, no caso das universidades em estudo, o aumento no número de variáveis alterou o dendrograma e implicou em *clusters* diferentes, o que se explica

pelas características intrínsecas das análises multivariadas exploratórias que não possuem caráter preditivo para dados não presentes inicialmente na amostra.

Com doze (12) variáveis e duas (2) ferramentas multivariadas (HC e PCA), quatro (4) *clusters* emergiram no dendrograma da Figura 4.11, bem como no mapeamento da Figura 4.12. Os três primeiros *clusters* com uma (1) instituição cada (Unesp, Unicamp e UFRGS), já o quarto envolveu as demais universidades (UFSCar, UFV, UFPR, UFBA e UFPE). Ao utilizar todas as 76 variáveis e parâmetros em duas (2) ferramentas multivariadas (HC e MDS), observou-se, no dendrograma da Figura 4.13 e na representação bidimensional da Figura 4.14, que as três primeiras instituições se aproximaram em um único *cluster*, já as demais instituições se mantiveram no outro grupo (ANDRADE *et al.*, 2022).

O incremento no número de variáveis permitiu observar mais aspectos das universidades enquanto atores da HT. Com isso, dois perfis de contribuição foram notados: o primeiro representado pela Unesp, Unicamp e UFRGS; o segundo agrupou a UFSCar, UFV, UFPR, UFBA e UFPE, (ANDRADE *et al.*, 2022).

Percebeu-se a falta de sinergia na cooperação universidade-indústria-governo, assim a contribuição das universidades brasileiras na inovação tecnológica encontra-se ainda aquém da proposta do modelo da HT. Cabe a todas as universidades da amostra, mas, principalmente, às instituições do segundo *cluster*, melhorar a capacidade interna, tornando-se mais responsiva na geração e difusão de conhecimento e tecnologia para a inovação, aumentar o número de patentes, fomentar a transferência de tecnologia e buscar ampliar interações com a indústria através de projetos de inovação em colaboração e de contratos de transferência de tecnologia e licenciamento e captar mais financiamento público, isso considerando o cenário revelado pelos resultados das análises aplicadas (ANDRADE *et al.*, 2022).

Para além disso, principalmente, faz-se necessário promover relação mais próxima das universidades com a indústria e o governo brasileiro, para, em conjunto, elaborar políticas de fomento à inovação tecnológica com vistas ao desenvolvimento regional e nacional. Essas estratégias devem ser capazes de melhorar a distribuição de recursos públicos para o financiamento de pesquisas científicas e tecnológicas. Também que sejam capazes de incentivar o empreendedorismo organizacional, melhorando as capacidades das empresas já existentes e facilitar novos negócios de base tecnológica, a exemplo de incubação, *start-ups* e *spin-offs*. Acrescendo, ainda,

a promoção do desenvolvimento e a consolidação de sistemas e ambientes regionais e nacionais propícios às atividades voltadas à inovação tecnológica.

Sabe-se que já existem algumas iniciativas individuais desses atores da HT, destacadas ao longo do texto desta tese, a exemplo das leis e políticas do governo listadas no Quadro 2.1, das políticas internas das universidades, através dos NIT e até mesmo de algumas parcerias universidade-indústria. Mas não foi possível observar interrelações no sentido de um ator da HT assumir o papel do outro. Reiterando que a HT defende que é possível para uma esfera institucional desempenhar múltiplos papéis, sem que o seu papel original seja degradado ou prejudicado.

Respondendo à questão de pesquisa, notou-se que um sistema complexo envolvendo questões universitárias endógenas, em um contexto regional e nacional, associado às interações externas com outros atores da TH no processo da inovação tecnológica puderam ser retratados através da linguagem matemática e estatística. Além disso, partindo de dados disponíveis, foi possível determinar variáveis e parâmetros capazes de promover tal dinâmica.

Finalmente, defende-se a tese de que a teoria da Hélice Tríplice é uma alternativa para compreensão das diversas e complexas interações entre academia, governo e indústria, atuando no processo da inovação tecnológica. No caso brasileiro, é possível utilizar a linguagem matemática e estatística para retratá-las, assim como valer-se de dados disponíveis de universidades públicas para determinar as variáveis e parâmetros suficientes para tal entendimento.

5.5 Sugestões de Trabalhos Futuros

Sugere-se para trabalhos futuros os seguintes desenvolvimentos:

- Replicar a abordagem do presente trabalho, abarcando os outros atores da Hélice Tríplice (indústria e governo);
- Aumentar o horizonte de tempo e identificar as mudanças que ocorreram a partir de 2016, com a alteração na Lei Federal de Inovação e outras medidas adotadas;

- Efetuar recorte de tempo para avaliar o impacto da pandemia provocada pelo coronavírus na interação das universidades com os demais atores da Hélice Tríplice;
- Ampliar a Análise Textual Discursiva, incluindo publicações que tratam do tema em outros países;
- Adotar outras metodologias de análise de dados e compará-las com os produtos desta tese;
- Adotar outro conjunto de variáveis e parâmetros de modo que seja possível a inclusão de outras universidades brasileiras, considerando a disponibilidade de dados;
- Incluir dados de outros países e compará-los com os resultados das instituições brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ABPMP - ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **BPM CBOK**: Guia para o gerenciamento de processos de negócio. ABPMP, 2013.
- ALNAFRAH, I., ZENO, B. A new comparative model for national innovation systems based on machine learning classification techniques. **Innovation and Development**, v. 10, n. 1, p. 45–66, 2020.
- AMARAL, M. (2015). Management and Assessment of Innovation Environments. **Triple Helix**, v. 2, n. 1, p. 1-20.
- ANDRADE, E. P.; PEREIRA, J. S.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. An Exploratory Analysis of Brazilian Universities in the Technological Innovation Process. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 182, 2022.
- ANDRADE, E. P.; ROCHA, A. M.; NASCIMENTO, M. L. F. Hélice Tríplice no contexto brasileiro: a contribuição das universidades na inovação tecnológica. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 19, n. 55, 2023.
- BALLE, A., STEFFEN, M., CURADO, C. AND OLIVEIRA, M. Interorganizational knowledge sharing in a science and technology park: the use of knowledge sharing mechanisms. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 10, p. 2016-2038, 2019.
- BASSO, F. G.; PEREIRA, C. G.; PORTO, G. S. Cooperation and technological areas in the state universities of São Paulo: an analysis from the perspective of the triple helix model. **Technology in Society**, v. 65, 2021.
- BENEVIDES, G.; CARDOSO, A.; FIGUEIREDO, J.; OLIVEIRA, I.; PEREIRA, M. S. Innovation habitats in the interior of São Paulo: a study on the regions of Piracicaba and São Carlos-São Paulo-Brazil. **International Journal of Entrepreneurship**, v. 24, n.3, 2020.
- BIKSE, V., LUSENA-EZERA, I.; RIVZA, B., VOLKOVA, T. The transformation of traditional universities into entrepreneurial universities to ensure sustainable higher education. **Journal of Teacher Education for Sustainability**, v. 18, n. 2, p. 75-88, 2016.

BOARDMAN, C. Government Centrality to University-Industry Interactions: University Research Centers and the Industry Involvement of Academic Researchers. **Research Policy**, v. 38, p. 1505-1516, 2009.

BRASIL. Decreto nº 9.283, de 07 de fevereiro de 2018. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, e o art. 2º, caput, inciso I, alínea "g", da Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. **Código civil**. Brasília, DF, 07 fev. 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. Altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação. **Código civil**. Brasília, DF, 26 fev. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc85.htm>. Acesso em 12 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 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. **Código civil**. Brasília, DF, 02 dez. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>. Acesso em 12 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 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 nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011, a Lei nº 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. **Código**

- civil.** Brasília, DF, 11 jan. 2016. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm>. Acesso em 12 jan. 2022.
- BRUNETTI, F.; MATT, D. T.; BONFANTI, A.; DE LONGHI, A.; PEDRINI, G.; ORZES, G. Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach. **The TQM Journal**, v. 32, n. 4, 2020.
- CAI, Y.; ETZKOWITZ, H. Theorizing the Triple Helix model: past, present, and future. **Triple Helix**, v. 7, p. 189-226, 2020.
- CAJUELA, A. R.; GALINA, S. V. R. Processes in interorganizational relationships to develop absorptive capacity in startups. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 24, n. 6, p. 550-566, 2020.
- CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um *software* gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.
- CAPES - COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Sistema de informações georreferenciadas**. 2019. Disponível em: <<https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>>. Acesso em 09 jun. 2019.
- CARAYANNIS E., 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.
- CARAYANNIS, E., D., GIUDICE, M., D. AND PERUTA, M.R. Managing the intellectual capital within government-university-industry R&D partnerships. **Journal of Intellectual Capital**, v. 15, n. 4, p. 611-630, 2014.
- CARMO, H. M. O.; BRAUM, L. M. DOS S.; SÁ, E. V. Descontinuidade tecnológica em patentes envolvendo o uso de cinzas de carvão: análise baseada em conteúdo textual. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 8, n. 2, p. 49-66, 2018.
- CARMO, J. P.; RANGEL, R. DA C. Fatores críticos de sucesso da rede de incubação de empreendimentos do IFES. **International Journal of Innovation**, v. 8, n. 2, p. 150-175, 2020.
- CASTRO, B. S., AND SOUZA, G. C. O papel dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) nas universidades brasileiras. **Liinc em Revista**, v. 8, n. 1, p. 125-140, 2012.

- CNPq - CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Plano tabular**. 2019. Disponível em: <<http://dgp.cnpq.br/planotabular/index.jsp>>. Acesso em 09 jun. 2019.
- COCCIA, M. A taxonomy of public research bodies: a systemic approach. **Prometheus**, v. 23, n. 1, p. 63–82, 2005.
- COMUNELLO, F.; MULARGIA, S.; SARRICA, M. ICTs for community development: bridging conceptual, theoretical, and methodological boundaries. **American Behavioral Scientist**, n. 64, v. 13, p. 1803–1817, 2020.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.
- CÓSER, I.; BRANDÃO, M. A. F.; RAPOSO, N. R. B.; GONÇALVES, E. Determinants of patents in the life sciences and health sciences at federal universities in Minas Gerais State, Brazil: an analysis of panel data for 1995-2016. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 6, 2018.
- CROSS, D.; THOMSON, S., SINCLAIR, A. **Research in Brazil**. Clarivate Analytics: London, 2017.
- DALMARCO, G. HULSINK, W.; ZAWISLAK, P. A. New perspectives on university-industry relations: an analysis of the knowledge flow within two sectors and two countries. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 31, n. 11, p. 1314-1326, 2019.
- DALMARCO, G.; HULSINK, W.; BLOIS, G. V. Creating entrepreneurial universities in an emerging economy: evidence from Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 135, p. 99-111, 2018.
- DE LA TORRE, I. N.; GHORBANKHANI, M.; ROSSI, F.; SAGARRA, M. Knowledge transfer profiles of public research organisations: the role of fields of knowledge specialization. **Science and Public Policy**, v.48, n. 6, p. 860–876, 2021.
- DE MELLO, J. M. C.; DE FUENTES, C.; IACOBUCCHI, D. Introduction to the special issue: universities as interactive partners. **Science and Public Policy**, v. 43, n. 5, p. 581–584, 2016.
- DE MOURA, G. L.; DA SILVA, W. M.; FISCHMANN, A. A. Competitividade e alianças: a inserção das universidades brasileiras. **Espacios**, v. 33, n. 3, 2012.
- DEL GIUDICE, M. **L'impresa pensante**. Torino: Giappichelli, 2008.

- DEL GIUDICE, M.; CARAYANNIS, E. G.; DELLA PERUTA, M. R. Culture and cooperative strategies: knowledge management perspectives. **Cross-Cultural Knowledge Management**, Springer, New York, NY, 2012.
- DESIDÉRIO, P. H. M.; ZILBER, M. A. Open innovation in perspective the triple helix: observations of the relationship university-company in technology transfer. **GEINTEC**, v. 6, n.2, p. 3209-3225, 2016.
- DÍAZ-ISO, A.; EIZAGUIRRE, A.; GARCÍA-OLALLA, A. Understanding the role of social interactions in the development of an extracurricular university volunteer activity in a developing country. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 12, 2020.
- DOOLEY, L.; GUBBINS, C. Inter-organisational knowledge networks: synthesising dialectic tensions of university-industry knowledge discovery. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 10, p. 2113-2134, 2019.
- DUDIN, M. N.; AFANASYEV, V. V. VOROPAEV, M. V. ZASKO, V. N. Estado y problemas de digitalización de la gestión de universidades en Rusia y en tres países latinoamericanos (Argentina, Chile y Brasil). **Formación Universitaria**, v. 13, n.6, p. 61-76, 2020.
- EDQUIST, C. **Systems of Innovation: technologies, institutions and organizations**. Pinter Publishers/Cassell Academic: London, 1997.
- ETZKOWITZ, H. **Hélice Tríplice: universidade-indústria-governo: inovação em ação**. EDIPUCRS: Porto Alegre, 2013.
- ETZKOWITZ, H.; DE MELLO, J. M. C. ALMEIDA, M. Towards “meta-innovation” in Brazil: The evolution of the incubator and the emergence of a triple helix. **Research Policy**, v. 34, n. 4, p. 411-424, 2005.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF L. **University in the global economy: a Triple Helix of university-industry-government relations**. Cassell Academic: London, 1997.
- 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.
- ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017.

- EVELEENS, C. Innovation management: a literature review of innovation process models and their implications. **Science**, v. 800, 2010.
- FÁRIA, J.R.; WANKE, P. F.; FERREIRA, J. J.; MIXON JR., F. G. Research and innovation in higher education: empirical evidence from research and patenting in Brazil. **Scientometrics**, v. 116, p. 487–504, 2018.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Data Science for Business and Decision Making**. Academic Press: Cambridge, 2019.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. LTC: Rio de Janeiro, 2020.
- FISCHER, B. B.; SCHAEFFER, P. R.; VONORTAS, N. S. Evolution of university-industry collaboration in Brazil from a technology upgrading perspective. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 145, p. 330–340, 2019.
- FLURY, B. **A First Course in Multivariate Statistics**. Springer: New York, NY, 1997.
- FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. Pinter: London, 1987.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. UNICAMP: Campinas, 2008.
- GALTON, F. Kinship and Correlation. **North American Review**, v. 150, p. 419-431, 1890.
- GONZÁLEZ-MASIP, J., MARTÍN-DE CASTRO, G. AND HERNÁNDEZ, A. Inter-organisational knowledge spillovers: attracting talent in science and technology parks and corporate social responsibility practices. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 5, p. 975-997, 2019.
- GUSBERTI, T. D. H.; BRETAS, A. C. Diagnosis of the market for ideas and the role of industrial associations as intermediaries in the Brazilian context. **Industry and Higher Education**, v. 32, n. 1, p. 9-22, 2018.
- HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E. **Multivariate Data Analysis**. Cengage: London, 2019.
- HARDEMAN, S., VAN ROY, V., VERTESY, D., AND SAISANA, M., 2013. An analysis of national research systems (I): A Composite Indicator for Scientific and Technological Research Excellence. **JRC scientific and policy reports**, EUR 26093 EN.

- HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of Educational Psychology**, v. 24, n. 6, p. 417-441, 1933.
- INPI - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Estatísticas Preliminares**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/arquivos/>>. Acesso em 23 ago. 2021.
- INPI - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Indicadores de Propriedade Industrial**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/arquivos/documentos/indicadores-de-propriedade-industrial>>. Acesso em 10 nov. 2020.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, 2007.
- JOHNSTON, A. Open innovation and the formation of university–industry links in the food manufacturing and technology sector: Evidence from the UK. **European Journal of Innovation Management**, v. 24, p. 89-107, 2020.
- JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. Springer: New York, NY, 2002.
- JOVANOVIĆ, M. M.; RAKIĆEVIĆ, J. D.; JEREMIĆ, V. M.; LEVI JAKŠIĆ, M. I. How to Measure Triple Helix Performance? A Fresh Approach, 245 - 261. *In*: A. Abu-Tair *et al.* (eds.). **Proceedings of the II International Triple Helix Summit, Lecture Notes in Civil Engineering**, v. 43, 2019.
- KAMI, M. T. M.; LAROCCA, L. M.; CHAVES, M. M. N.; LOWEN, I. M. V.; SOUZA, V. M. P.; GOTO, D. Y.N. Trabalho no consultório na rua: uso do *software* IRAMUTEQ no apoio à pesquisa qualitativa. **Escola Anna Nery**, v. 20, n. 3, 2016.
- KIHLGREN, A. Promotion of innovation activity in Russia through the creation of science parks: the case of St. Petersburg (1992-1998). **Technovation**, v. 23, p. 65-76, 2003.
- KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. *In*: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. editors. **The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth**. National Academy of Sciences: Washington, p. 275-306, 1986.
- KRUSKAL, J. C. Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method. **Psychometrika**, v. 2, p. 115-129, 1964.
- LEE, K.; YOON, M. International, intra-national and inter-firm knowledge diffusion and technological catch-up: the USA, Japan, Korea and Taiwan in the memory chip

- industry. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 22, n. 5, p. 553–570, 2010.
- LI, M.; HE, L.; ZHAO, Y. The triple helix system and regional entrepreneurship in China. **Entrepreneurship & Regional Development**, v. 32, n. 7-8, p. 508-530, 2020.
- LIMA, V. M. R.; RAMOS, M. G. Percepções de interdisciplinaridade de professores de Ciências e Matemática: um exercício de Análise Textual Discursiva. **Revista Lusófona de Educação**, v. 36, p. 163-177, 2017.
- LOI, M.; DI GUARDO, M. C. The third mission of universities: An investigation of the espoused values. **Science and Public Policy**, v. 42, p. 855 - 870, 2015.
- LUENGO-VALDERREY, M. J.; PANDO-GARCÍA, J.; PERIÁÑEZ-CAÑADILLAS I.; CERVERA-TAULET, A. Analysis of the impact of the triple helix on sustainable innovation targets in Spanish technology companies. **Sustainability**, v. 12, n. 8, p. 3274-3294, 2020.
- LUNDEVALL, B. Å. **National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning**. Pinter Publishers, London, 1992.
- MARQUES, J.; LA FALCE, J.; MARQUES, F.; DE MUYLDER, C.; SILVA, J. The relationship between organizational commitment, knowledge transfer and knowledge management maturity. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 3, p. 489-507, 2019.
- MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. **Política de propriedade intelectual das instituições científicas e tecnológicas do Brasil: relatório FORMICT 2019**. Brasília: MCTI, 2019.
- MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação (2016 – 2022)**. Brasília: MCTIC, 2016.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. Aprendentes do aprender: um exercício de Análise Textual Discursiva. **Indagatio Didactica**, v. 5, n. 2, p. 868-883, 2013.
- MOSTELLER, F.; WALLACE, D. L. Inference in an Authorship Problem. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 302, p. 275-309, 1963.

- MOTTA, C. F.; DA SILVA, C. A. F.; DOS SANTOS, R. F. Strategies for establishing partnerships between physical education and industry. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 18, n. 3, p. 1524-1532, 2018
- MOURÃO, P. R.; RETAMIRO, W. Community development banks (CDB): a bibliometric analysis of the first 2 decades of scientific production. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 477-493, 2021.
- NASCIMENTO, M. L. F. In Search of Star Clusters: An Introduction to the K-Means Algorithm. **Journal of Humanistic Mathematics**, v. 12, pp. 243-255, 2022.
- NAVAS, L. P.; MONTES, F.; ABOLGHASEM, S.; SALAS R. J.; TOLOO, M. & ZARAMA, R. Colombian higher education institutions evaluation. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 71, 2020.
- NELSON, R. R. **National Innovation Systems**. Oxford University Press: Oxford, 1993.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company**: How Japanese companies creates the dynamics of innovation. Oxford University Press: New York, NY, 1995.
- OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Manual de Oslo**: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Tradução de Financiadora de Estudos e Projetos. 3. ed. FINEP: Brasília, 2005.
- OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. **Oslo Manual 2018**: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, the measurement of scientific, technological and innovation activities. 4. ed. OECD Publishing/Eurostat: Paris/ Luxembourg, 2018.
- OLIVA, F.L.; SEMENSATO, B.I.; PRIOSTE, D.B.; WINANDY, E.J.L.; BUTION, J.L.; COUTO, M.H.G.; BOTTACIN, M.A.; MAC LENNAN, M.L.F.; TEBERGA, P.M.F.; SANTOS, R.F.; SINGH, S.K.; DA SILVA, S.F.; MASSAINI, S.A. Innovation in the main Brazilian business sectors: characteristics, types and comparison of innovation. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 1, 135-175, 2019.
- PEARSON K. On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. **Philosophical Magazine**, v. 2, p. 559 - 572, 1901.

- PEARSON, K. VII. Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. III. Regression, Heredity, and Panmixia. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 187, p. 253 - 318, 1896.
- PEREIRA, R. M.; MARQUES, H. R.; GAVA, R. Innovation ecosystems of Brazilian federal universities: a mapping of technological innovation centers, incubators of technology-based companies and Technology Parks. **International Journal of Innovation**, v. 7, n. 3, p. 341-358, (2019).
- PERKMANN, M.; TARTARI, V.; MCKELVEY, M.; AUTIO, E.; BROSTROM, A.; D'ESTE, P.; FINI, R.; GEUNA, A.; GRIMALDI, R.; HUGHES, A.; KRABEL, S. Academic engagement and commercialisation: a review of the literature on university–industry relations. **Research Policy**, v. 42, n. 2, p. 423-442, 2013.
- PETRUZZELLI, A. M.; ALBINO, V.; CARBONARA, N.; ROTOLO, D. Leveraging learning behavior and network structure to improve knowledge gatekeepers' performance. **Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 5, p. 635-658, 2010.
- PHILLIMORE, J. Beyond the linear view of innovation in science park evaluation. An analysis of Western Australian Technology Park. **Technovation**, v. 19, p. 673-680, 1999.
- PHILPOTT, K.; DOOLEY, L.; O'REILLY, C.; LUPTON, G. The entrepreneurial university: examining the underlying academic tensions. **Technovation**, v. 31, n. 4, p. 161-170, 2011.
- PRAHALAD, C.K. AND HAMEL, G. The core competence of the corporation. **Harvard Business Review**, v. 68, n. 3, p. 79-91, 1990.
- PRUSAK, L. **Knowledge in Organizations**. Butterworth-Heinemann: Boston, MA, 1997
- RAPINI, M. S.; CHIARINI, T.; BITTENCOURT, P.; CALIARI, T. The intensity of private funding and the results of university? Firm interactions: the case of Brazil. **Innovation & Management Review**, v. 16, n.2, p. 161-184, 2019.
- RATINAUD, P. **IRAMUTEQ**: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires - 0.7 alpha 2. 2014. Disponível em: <<http://www.iramuteq.org>>. Acesso em 12 jun. 2021.
- RATINAUD, P.; MARCHAND P. (2012). Application de la methode ALCESTE aux gros corpus et stabilite des mondes lexicaux analyse du CableGate avec IRAMUTEQ. *In*: 11eme Journées Internationales d'Analyse Statistique des Données Textuelles.

- Anais 11eme Journées Internationales d'Analyse Statistique des Données Textuelles.** Liège: JADT, p. 835– 844, 2012.
- REIS, D. R. dos. **Gestão da inovação tecnológica.** 2. ed. Manole: Barueri, 2008.
- RIBEIRO, S. X.; NAGANO, M. S. Elements influencing knowledge management in university–business–government collaboration: case studies in national institutes of science and technology. **Knowledge and Process Management**, v. 25, p. 207-219, 2018.
- ROCHA, M.; LIMA, G.; DE ANDRADE, E.; QUELHAS, O. Strategical partnership approach for innovation of medicines in Brazil. **Sistemas & Gestão**, v. 10, p. 286-296, 2015.
- ROMANO, M.; DEL GIUDICE, M.; NICOTRA, M. Knowledge creation and exploitation in Italian universities: the role of internal policies for patent activity. **Journal of Knowledge Management**, v. 18, n. 5, p. 952-970, 2014.
- ROSENBERG, N. Science, invention and economic growth. **Economic Journal**, v. 84, n. 333, p. 90-108, 1974.
- SÁ, E.; DIAS, D.; SÁ, M.J. Towards the university entrepreneurship mission: Portuguese academics' self-perpective of their role in knowledge transfer. **Journal of Further and Higher Education**, v. 42, n. 6, p. 784-796, 2018.
- SÁBATO, J.; BOTANA, La Ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. 1968. **Revista de la Integración Latino-Americana**, n. 3, p. 15-36, nov. 1968.
- SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico:** uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Abril Cultural: São Paulo, 1982.
- SILVA, K.; VASCONCELLOS, A.G.; TONHOLO, J.; GODINHO, M.M. Academic patenting in Brazil: the role of academic inventors in PCT patent applications – 2002-2012. **Academia Revista Latinoamericana de Administración**, v. 30, n. 4, p. 529-546, 2017.
- SILVA, R. G. M.; MACHADO, E.; LOTUFO, R. Intellectual property and innovation in Brazil: the role of universities and Unicamp's experience. In: **Intellectual property: platform for development.** Rio de Janeiro: Renovar, 2009.
- SMALLMAN, M. Science to the rescue or contingent progress? Comparing 10 years of public, expert and policy discourses on new and emerging science and

- technology in the United Kingdom. **Public Understanding of Science**, v. 27, n. 6, p. 655-673, 2018.
- SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. Numerical taxonomy. **Nature**, v. 193, p. 855-860, 1962.
- SOARES, T. J.; TORKOMIAN, A. L. V. 'TTO's staff and technology transfer: Examining the effect of employees' individual capabilities. **Technovation**, v. 102, 2021.
- SOKAL, R. R.; MICHENER, C. D. A statistical method for evaluating systematic relationships. **The University of Kansas Scientific Bulletin**, v. 38, n. 22, p. 1409-1438, 1958.
- SOKAL, R. R.; SNEATH, P. H. A. **Principles of numerical taxonomy**. W. H. Freeman and Company, 1963.
- SOUZA, C. D.; FILIPPO D.; CASADO, E. S. Impacto do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais Brasileiras (REUNI) na atividade investigativa: Crescimento, qualidade e internacionalização. **Em Questão**, v. 21, n. 13, p. 336-367, 2015.
- SPENCE, D. P.; OWENS K. C. Lexical co-occurrence and association strength. **Journal of Psycholinguistic Research**, v. 19, p. 317-330, 1990.
- SYDOW, J.; SCHUBLER, E.; MULLER-SEITZ, G. **Managing inter-organisational relations**. Palgrave Publishing, London, 2016.
- TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2006.
- UFBA – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <<https://proplan.ufba.br/documentacao-legislacao/relatorios-gestao>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/proplan/relatorios-de-gestao>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- UFPR - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. 2019. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <<http://www.proplan.ufpr.br/portal/relatorio-de-gestao/>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ufrgs/a-ufrgs/relatorios>>. Acesso em 9 jun. 2019.

- UFSCar - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. 2019. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <http://www.spdi.ufscar.br/documentos/relatorio_contas/>. Acesso em 9 jun. 2019.
- UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. 2019. **Relatórios**. 2019. Disponível em: <<https://www.dti.ufv.br/relatorioufv/>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- Unesp - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO". **Anuário estatístico**. 2018. Disponível em: <<https://ape.unesp.br/anuario/>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- Unicamp - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Anuário estatístico**. 2018. Disponível em: <<https://www.aeplan.unicamp.br/anuario/2018/anuario2018.pdf>>. Acesso em 9 jun. 2019.
- VIALE, R., ETZKOWITZ, H. **The Capitalization of Knowledge: a Triple Helix of university–industry–government**. Edward Elgar: Cheltenham, 2010.
- WANG, W.; LU S. University-industry innovation community dynamics and knowledge transfer: Evidence from China. **Technovation**, v. 106, 2021.
- WARD JR.; J. H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236–244, 1963.
- WEB OF SCIENCE. **Research in Brazil: funding excellence**. Clarivate Analytics: London, 2019
- WIPO (*World Intellectual Property Organization*). **Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis**. Geneva: World Intellectual Property Organization, 2021.
- WIPO (*World Intellectual Property Organization*). **Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth?** Geneva: World Intellectual Property Organization, 2022.
- YOON, J.; YANG, J; PARK, H. Quintuple helix structure of Sino-Korean research collaboration in science. **Scientometrics**, v. 113, n. 1, p. 61–81, 2017.
- ZANELLO, G.; FU, X.; MOHNEN, P.; VENTRESCA, M. The creation and diffusion of innovation in developing countries: a systematic literature review. **Journal of Economic Surveys**, v. 30, n. 5, p. 884-912, 2016.
- ZHAO, S. L.; CACCIOLATTI, L.; LEE, S. H.; SONG, W. Regional collaborations and indigenous innovation capabilities in China: A multivariate method for the analysis

of regional innovation systems. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 94, n.1, p. 202-220, 2015.

Hélice Tríplice no contexto brasileiro: a contribuição das universidades na inovação tecnológica

RESUMO

Eron Passos Andrade
eronpassos@ufpb.edu.br
<http://orcid.org/0000-0001-8347-9843>

1 - PEI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.
2 - CETENS - Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Angela Machado Rocha
anmach@ufba.br
<http://orcid.org/0000-0003-0174-3431>

1 - PEI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.
2 - ProfNIT - Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, Salvador, Bahia, Brasil.

Marcio Luis Ferreira Nascimento
mlfn@ufba.br
<http://orcid.org/0000-0001-5030-7500>

1 - PEI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Dada a importância do conhecimento no modelo da Hélice Tríplice, este trabalho propõe estudar a contribuição das universidades na inovação tecnológica ao analisar as publicações que tratam do modelo no contexto brasileiro. Para tanto, optou-se por utilizar o *software* IRAMUTEQ para a Análise Textual Discursiva (ATD) dos *abstracts* de 48 textos, entre artigos publicados em periódicos, anais de eventos e capítulos de livros indexados nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Os resultados revelaram que quatro (4) temas principais são discutidos no *corpus* textual, originando classes semelhantes entre si e diferentes das demais. A Classe 1 aborda a atuação das universidades na Hélice Tríplice e a interação com os demais atores envolvidos na inovação. A Classe 2 trata da inovação e conceitos subjacentes. A Classe 3 versa sobre o desenvolvimento econômico e social promovido pelas universidades enquanto atores da inovação. A Classe 4 acerca-se da pesquisa acadêmica e das patentes. Desta forma propõe-se neste trabalho uma maneira de visualizar a Hélice Tríplice e suas ramificações a partir das frequências das palavras e buscar compreender a dinâmica e particularidades para o contexto brasileiro. De forma geral, com base na análise, a contribuição das universidades brasileiras na inovação tecnológica encontra-se ainda aquém das possibilidades promovidas pelo modelo da Hélice Tríplice.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação Tecnológica. Hélice Tríplice. Universidades. Análise Textual Discursiva. Inovação Aberta.



An exploratory analysis of Brazilian universities in the technological innovation process

Eron Passos Andrade^{a,b,*}, Jadiel dos Santos Pereira^a, Angela Machado Rocha^{b,c},
Marcio Luis Ferreira Nascimento^b

^a CETENS-Energy and Sustainability Science and Technology Center, Federal University of Recôncavo da Bahia, Rua Godofredo Rebello de Figueiredo Filho, 697, SIM, 44085-132 Feira de Santana, BA, Brazil

^b PEI-Graduate Program in Industrial Engineering, Polytechnic School, Federal University of Bahia, Rua Aristides Novis, 2, Federação, 40210-630 Salvador, BA, Brazil

^c ProfNIT-Graduate Program in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation, Federal University of Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, 147, Campus Universitário de Ondina, 40170-115 Salvador, BA, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Technological innovation
Intellectual property
Universities
Principal component analysis
Similarity
Hierarchical clustering

ABSTRACT

The purpose of this paper is to use hierarchical clustering (HC) and principal component analysis (PCA) for determining the key institutions and variables in a multidimensional data set to visualize Triple Helix (TH) relationships between industry, academia and government. This is a huge task, essential to better understand technological innovation, an interactive process that creates knowledge in an integrated way, reducing the number of variables. For this task we analyzed the data from eight Brazilian universities between 2008 and 2015 considering median of twelve parameters so diverse as the number of research groups; researchers; teaching staff; innovation projects in collaboration; papers; patents; technology transfer agreement; money generated from technology transfer and financing. From HC it was possible to identify four main university clusters considering all variables. PCA also shown four groups on main component mapping, in agreement with HC. The financing, the existence of innovation environments and specific innovation legislation, and the regional context explain clustering. PCA suggests that much of the data variability can be summarized in three principal components, presenting industry, academia and government interrelationships, in agreement with HC. So PCA and HC could be considered as a new view of investigation to quantify the TH, statistically mapping this model.

1. Introduction

Given the growing incentive for technological innovation in the modern economy and the greater involvement of public universities in the process, studies that contribute to a better understanding of the topic are justified. Eveleens (2010) highlighted the growing trend of the emergence of models that seek to describe the technological innovation process, its implications and patterns. An approach using multivariate analysis is gaining prominence in the literature on the subject in works such as those by Coccia (2005); Hardeman et al. (2013); Loi and Di Guardo (2015); Zhao et al. (2015); Jovanović et al. (2019); Alnafrah and Zeno (2020); Li et al. (2020).

To cluster and classify national innovation systems, Alnafrah and Zeno (2020) used machine learning classification and principal component analysis (PCA). This study included 36 indicators from 54

countries, which are divided into six groups, that represent the different national system of innovation dimensions. To analyze European research and innovation policy discourse, Hardeman et al. (2013) developed a framework for the analysis of 40 national research systems using PCA to aggregate four variables into one composite indicator. In Italy, Coccia (2005) used PCA analysis to pinpoint the main typologies operating in the national system of innovation, the author used ten variables to analyze the public research bodies of the National Research Council of Italy. These three works are focused on national systems of innovation and not on the relationships between the Triple Helix (TH) actors.

In the context of an increasing demand for knowledge to support technological innovation, the TH relationships between industry, academia and government are mode of collaboration that is seen as important interorganizational knowledge network (Etzkowitz and

* Corresponding author at: PEI-Graduate Program in Industrial Engineering, Polytechnic School, Federal University of Bahia, Rua Aristides Novis, 2, Federação, 40210-630 Salvador, BA, Brazil.

E-mail address: eroupassos@ufpb.edu.br (E.P. Andrade).

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121876>

Received 18 August 2021; Received in revised form 11 June 2022; Accepted 11 July 2022

0040-1625/© 2022 Elsevier Inc. All rights reserved.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512022003538-3**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 20/12/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: DendroAnalysis

Data de publicação: 20/12/2022

Data de criação: 08/04/2020

Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECONCAVO DA BAHIA - UFRB

Autor(es): JADIEL DOS SANTOS PEREIRA; ERON PASSOS ANDRADE; ANGELA MACHADO ROCHA; MARCIO LUIS FERREIRA NASCIMENTO

Linguagem: PYTHON

Campo de aplicação: IF-10

Tipo de programa: FA-04

Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: 92c9123d4ae68e67c425828b76ee1f3e9ecd6db891394e2b34ec6479f8291b40

Expedido em: 27/12/2022

Aprovado por:

Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO