

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA E
DESENVOLVIMENTO**

Uxi Maia da Silva

**MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE ABSORTIVA
MEDIANTE CONJUNTOS FUZZY: UMA APLICAÇÃO PARA A
INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO COM DADOS DA PINTEC**

**Santa Maria, RS
2018**

Uxi Maia da Silva

MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE ABSORTIVA
MEDIANTE CONJUNTOS FUZZY: UMA APLICAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE
TRANSFORMAÇÃO COM DADOS DA PINTEC

Dissertação a apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Economia e Desenvolvimento**.

Orientador Prof. Dr Júlio Eduardo Rohenkohl

Santa Maria, RS
2018

da Silva, Uxi Maia
MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE ABSORTIVA MEDIANTE
CONJUNTOS FUZZY: UMA APLICAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE
TRANSFORMAÇÃO COM DADOS DA PINTEC / Uxi Maia da Silva.-
2018.
143 p.; 30 cm

Orientador: Prof. Dr Júlio Eduardo Rohenkohl
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Programa de
Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, RS, 2018


1. Capacidade Absortiva 2. Conjuntos Fuzzy 3. Inovação
4. Economia do Conhecimento 5. PINTEC I. Rohenkohl,
Prof. Dr Júlio Eduardo II. Título.

Uxi Maia da Silva

MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE ABSORTIVA
MEDIANTE CONJUNTOS FUZZY: UMA APLICAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE
TRANSFORMAÇÃO COM DADOS DA PINTEC

Dissertação a ser apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Economia e Desenvolvimento**.

Aprovado em 15 de Março de 2018:



Júlio Eduardo Rohenkohl, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Janaina Ruffoni Trez, Dra. (UNISINOS) – Videoconferência



Orlando Martinelli Júnior, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

RESUMO

MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE ABSORTIVA MEDIANTE CONJUNTOS FUZZY: UMA APLICAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO COM DADOS DA PINTEC

AUTOR: Uxi Maia da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr Júlio Eduardo Rohenkohl

Esta pesquisa apresenta um estudo sobre a capacidade absorptiva no âmbito da firma. Para tanto, parte-se da análise conceitual de firma neo-schumpeteriana para compreender a relação entre conhecimento tecnológico e inovação em um ambiente concorrencial dinâmico. A partir dessa abordagem a capacidade absorptiva é considerada como uma capacidade dinâmica. Neste contexto, as relações entre inovação, aprendizado, competências produtivas e interação em um ambiente com rápidas mudanças tecnológicas podem desenvolver as capacidades para que a firma absorva novos conhecimentos e, caso isso ocorra, ajudará na identificação de novas oportunidades e trajetórias tecnológicas, aumentando a sua capacidade inovativa e, conseqüentemente, a sua performance de mercado. Nesse sentido, para mensurar a capacidade absorptiva, são propostos dois métodos de conjuntos fuzzy, um de análise comparativa de combinações causais e outro por meio de um sistema de inferência. Sendo assim, são apresentados os métodos fsQCA e o sistema Mamdani para mensurar um conjunto de dados antecedentes, por meio de lógica fuzzy e regras do tipo “Se...Então”, que resultem em um conjunto de consequentes para as dimensões da capacidade absorptiva. Para se testar a operacionalidade das proposições de mensuração, o sistema Mamdani de inferência foi aplicado na análise dos dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC) para indústria de transformação brasileira para os anos de 2011 e 2014. Com este procedimento foi possível mensurar a capacidade absorptiva para os 24 setores da indústria de transformação em termos de baixa, média e alta capacidade, com valores entre 0, para nenhuma capacidade absorptiva e 1 para total capacidade de absorção. Os resultados indicaram que o setor de fabricação de produtos têxteis teve a maior capacidade absorptiva para o período analisado, isso significa que este setor possui uma combinação entre as capacidades potencial e realizada que possibilita uma alta absorção de novos conhecimentos voltados para a inovação.

Palavras-chave: Capacidade Absortiva, Conjuntos Fuzzy, Inovação, Economia do Conhecimento, PINTEC.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF ABSORPTIVE CAPACITY THROUGH FUZZY SETS: AN APPLICATION FOR THE PINTEC DATA TRANSFORMING INDUSTRY

AUTHOR: Uxi Maia da Silva

MASTER'S ADVISOR: Prof. Dr Júlio Eduardo Rohenkohl

This research presents a study on the absorptive capacity within the firm. Therefore, it is based on the conceptual analysis of the neo-Schumpeterian firm to understand the relationship between technological knowledge and innovation in a dynamic competitive environment. From this approach the absorptive capacity is considered as a dynamic capacity. In this context, the relationships between innovation, learning, productive skills and interaction in an environment with rapid technological changes can develop the capacity for the firm to absorb new knowledge and, if this happens, it will help in identifying new technological opportunities and trajectories, increasing its innovative capacity and, consequently, its market performance. In this sense, to measure the absorptive capacity, two methods of fuzzy sets are proposed, one of comparative analysis of causal combinations and the other by means of an inference system. Thus, the methods fsQCA and the Mamdani system are presented to measure a set of antecedent data, through fuzzy logic and "If ... Then" rules, which result in a set of consequential dimensions of the absorptive capacity. In order to test the operability of the measurement propositions, the Mamdani system of inference was applied in the analysis of data from the Innovation Survey (PINTEC) for the Brazilian manufacturing industry for the years 2011 and 2014. With this procedure it was possible to measure the absorptive capacity for the 24 sectors of the manufacturing industry in terms of low, medium and high capacity, with values between 0 for no absorptive capacity and 1 for total absorption capacity. The results indicated that the textile manufacturing sector had the highest absorptive capacity for the analyzed period, this means that this sector has a combination of potential and realized capacities that allows a high absorption of new knowledge aimed at innovation.

Key words: Absorptive Capacity, Fuzzy Sets, Innovation, Knowledge Economy, PINTEC.

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| AQ | Capacidade de Aquisição |
| AS | Capacidade de Assimilação |
| CA | Capacidade Absortiva |
| CAPAB | Capacidade Absortiva da Firma |
| CAT | Capacidade Absortiva de Conhecimento Tecnológico |
| CNAE | Classificação Nacional de Atividades Econômicas |
| EX | Capacidade de Exploração |
| FIS | Sistema de Inferência Fuzzy |
| FLC | Controle de Lógica Fuzzy |
| fsQCA | Sistema Fuzzy de Análise Comparativa de Qualidade |
| GACE | Gasto com Aquisição de Outros Conhecimentos |
| GAIPD | Gasto com Atividades Internas de P&D |
| GAME | Gasto com Aquisição de Máquinas e Equipamentos |
| GAPD | Gasto com Aquisição Externa de P&D |
| GINT | Gasto com Introdução das Inovações Tecnológicas no Mercado |
| GPTE | Gasto com Projeto Industrial |
| GTR | Gasto com Treinamento |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| LGN | Lei dos Grandes Números |
| MISO | Múltiplo Sistema de Entradas e uma de Saída. |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| PINTEC | Pesquisa de Inovação |
| PO | Capacidade Potencial |
| POPID | Pessoas Ocupadas com P&D |
| QCA | Análise Comparativa de Qualidade |
| RE | Capacidade Realizada |
| RLV | Receita Líquida de Vendas |
| TR | Capacidade de Transformação |
| VA | Valor Agregado |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1: Capacidades dinâmicas da firma..... | 47 |
| Figura 2: Estrutura em árvore para o conhecimento com e sem codificação..... | 50 |
| Figura 3: Relação entre aprendizado organizacional e capacidade absorptiva..... | 57 |
| Figura 4: Modelo de Capacidade absorptiva em três dimensões..... | 60 |
| Figura 5: Modelo dinâmico para capacidade absorptiva..... | 62 |
| Figura 6: Mapa temático de pesquisas sobre capacidade absorptiva (1990 – 2002)..... | 65 |
| Figura 7: Estratégias de pesquisas, casos e aspectos dos casos..... | 74 |
| Figura 8: Modelo interpretativo para condução de pesquisa científica..... | 75 |
| Figura 9: Elementos de lógica fuzzy..... | 93 |
| Figura 10: Sistema de inferência fuzzy..... | 99 |
| Figura 11: Interação entre regras e função de pertinência no sistema de inferência Mamdani. | 106 |
| Figura 12: Níveis de inferência para o sistema Mamdani..... | 113 |
| Figura 13: Sistema de inferência Mamdani para o nível 3 da modelagem proposta acima.... | 119 |
| Figura 14: Defuzzificação do sistema de inferência Mamdani por meio do centro de área .. | 120 |
| Figura 15: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de aquisição..... | 140 |
| Figura 16: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de assimilação..... | 140 |
| Figura 17: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de transformação..... | 140 |
| Figura 18: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de exploração..... | 141 |
| Figura 19: Sistema de inferência Mamdani para capacidade absorptiva potencial..... | 141 |
| Figura 20: Sistema de inferência Mamdani para capacidade absorptiva de realização..... | 141 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Limites ao crescimento da firma..... | 30 |
| Quadro 2: Diferentes perspectivas para o conhecimento em pesquisas sobre estratégia..... | 51 |
| Quadro 3: Dimensões da capacidade absorptiva: Componentes, regras e citações..... | 64 |
| Quadro 4: Dimensões para capacidade absorptiva..... | 66 |
| Quadro 5: Os objetivos e estratégias da pesquisa social..... | 74 |
| Quadro 6: Operadores básicos para teoria dos conjuntos..... | 81 |
| Quadro 7: Operações de conjunto básicas..... | 81 |
| Quadro 8: Diferentes tipos de causalidades em um nível..... | 86 |
| Quadro 9: Conjuntos Crisp versus Fuzzy..... | 89 |
| Quadro 10: Protocolo para avaliação de consistência e cobertura dos conjuntos..... | 95 |
| Quadro 11: Setores da indústria de transformação para mensurar CAT..... | 116 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Combinações hipotéticas para relações causais da capacidade absorviva..... | 78 |
| Tabela 2: Tabela de decisões..... | 104 |
| Tabela 3: Principal responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada, segundo as atividades da indústria, do setor de eletricidades e gás e dos serviços selecionados – Brasil – período 2009-2011 e 2012-2014..... | 111 |
| Tabela 4: Dados de entrada para o sistema de inferência Mamdani com base nos dados da PINTEC para o ano de 2011..... | 117 |
| Tabela 5: Dados de entrada para o sistema de inferência Mamdani com base nos dados da PINTEC para o ano de 2014..... | 118 |
| Tabela 6: Resultado do sistema de inferência fuzzy para capacidade absorviva no ano de 2011..... | 122 |
| Tabela 7: Resultado do sistema de inferência fuzzy para capacidade absorviva no ano de 2014..... | 124 |
| Tabela 8: Resultado para os sistemas de inferência Mamdani para as capacidades absorvivas (AQ, ASS, TR, EX, CAT) para o ano de 2011..... | 142 |
| Tabela 9: Resultado para os sistemas de inferência Mamdani para as capacidades absorvivas (AQ, ASS, TR, EX, CAT) para o ano de 2014..... | 143 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1: União de conjuntos fuzzy..... | 91 |
| Gráfico 2: Interseção de conjuntos fuzzy..... | 91 |
| Gráfico 3: Complemento de um conjunto fuzzy..... | 92 |
| Gráfico 4: Conjunto fuzzy em termos de valores semânticos..... | 93 |
| Gráfico 5: Variável de entrada em termos de <i>PO</i> | 102 |
| Gráfico 6: Variável de entrada em termos de <i>RE</i> | 102 |
| Gráfico 7: Variável de saída em termos de <i>CAT</i> | 102 |
| Gráfico 8: Propriedades da função de pertinência..... | 103 |
| Gráfico 9: Método de centro de área para defuzzificação..... | 107 |
| Gráfico 10: Função trapezoidal para as variáveis do sistema de inferência Mamdani..... | 112 |
| Gráfico 11: Superfície de interação entre as regras para capacidade potencial e realizada.... | 121 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo A – Regras para inferência das dimensões das capacidades absorptivas..... | 136 |
| Anexo B – Sistema de inferência Mamdani para as capacidades absorptivas..... | 140 |
| Anexo C – Resultado dos sistemas de inferência Mamdani para as capacidades absorptivas para os anos de 2011 e 2014..... | 142 |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA..... | 13 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 14 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 2 A FIRMA EM UM CONTEXTO EVOLUTIVO..... | 17 |
| 2.1 A FIRMA COMO SINÔNIMO DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA..... | 17 |
| 2.2 A FIRMA BASEADA EM RECURSOS PRODUTIVOS..... | 26 |
| 2.3 A FIRMA NEO-SCHUMPETERIANA..... | 33 |
| 2.3.1 O modelo evolucionário..... | 34 |
| 2.3.2 O modelo de capacidades dinâmicas..... | 40 |
| 2.4 CONHECIMENTO TÉCNICO NO AMBIENTE ORGANIZACIONAL..... | 48 |
| 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO..... | 52 |
| 3 CAPACIDADE ABSORTIVA DE CONHECIMENTO TECNOLÓGICO..... | 54 |
| 3.1 APRENDIZADO ORGANIZACIONAL..... | 54 |
| 3.2 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO TECNOLÓGICA..... | 57 |
| 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO..... | 69 |
| 4 MÉTODO DE ANÁLISE..... | 71 |
| 4.1 MÉTODO DE ANÁLISE COMPARATIVA PARA A CIÊNCIA ECONÔMICA..... | 71 |
| 4.2 A TEORIA DOS CONJUNTOS APLICADA PARA ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE CONHECIMENTO TECNOLÓGICO..... | 76 |
| 4.2.1 Análise Comparativa de Qualidade (QCA)..... | 82 |
| 4.2.2 Conjuntos Fuzzy e o fsQCA..... | 88 |
| 4.2.3 Sistema Mamdani..... | 96 |
| 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO..... | 107 |
| 5 SISTEMA DE INFERÊNCIA PARA CAPACIDADE ABSORTIVA..... | 109 |
| 5.1 O CONTEXTO DA INFERÊNCIA..... | 109 |
| 5.2 MODELAGEM DO SISTEMA DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA CAT..... | 111 |
| 5.3 DESCRIÇÃO DOS DADOS E PROCEDIMENTOS..... | 115 |
| 5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 121 |
| 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO..... | 125 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 126 |
| REFERÊNCIAS..... | 130 |
| ANEXO A – REGRAS PARA INFERÊNCIA DAS DIMENSÕES DAS CAPACIDADES ABSORTIVAS..... | 136 |
| ANEXO B – SISTEMAS DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA AS CAPACIDADES ABSORTIVAS..... | 140 |
| ANEXO C – RESULTADO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA AS CAPACIDADES ABSORTIVAS PARA OS ANOS DE 2011 E 2014..... | 142 |

1 INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica no contexto produtivo envolve uma gama de possibilidades para a geração de novos valores econômicos. Entender o desenvolvimento de inovações tecnológicas é importante, pois a sua dinâmica no contexto industrial e institucional pode condicionar o desenvolvimento econômico dos países. Nesse sentido, a inovação pode ser entendida como uma solução técnica economicamente viável de um problema, que pode estar relacionada ao desenvolvimento de uma firma ou de um conjunto de instituições que corroboram para encontrar tais soluções. O ponto de partida, como destaca Zawislak (1995), é uma nova combinação de conhecimentos, que tem como resultado um novo conjunto desses conhecimentos com um valor de troca e de uso diferente, ou seja, um processo útil que possibilita as organizações realizarem algo novo. Nas análises econômicas a inovação pode ser interpretada por diferentes correntes e métodos. Tigre (2005) aponta que os três principais são o neoclássico, da organização industrial e o evolucionário.

Na corrente evolucionária, a firma é o *locus* da inovação. Um aspecto relevante em termos de análise da firma, o qual é abordado neste estudo, diz respeito sobre as análises da capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico das empresas, pois tal temática está em consonância com os estudos sobre inovação, aprendizado das organizações, competitividade e performance das firmas. A capacidade absorptiva é definida por Cohen e Levinthal (1989; 1990) como a habilidade da firma para reconhecer o valor de um novo conhecimento, assimilá-lo e aplicá-lo com fins comerciais. Teece, Pisano e Shuen (1997) desenvolveram o conceito de capacidade dinâmica para relacionar a habilidade da firma em inovar e enfrentar um ambiente com rápidas transformações tecnológicas. As capacidades no sentido dinâmico podem ser entendidas como um meio para criar, ampliar, proteger e manter a base de ativos das empresas. A junção entre estas duas capacidades é posta em tela no estudo de Zahra e George (2002), onde é expandido o conceito de capacidade absorptiva e incorporado o conceito de capacidade dinâmica para criar e utilizar novos conhecimentos que elevem a habilidade da firma para ganhar e sustentar uma vantagem competitiva.

Para analisar a firma do ponto de vista da sua capacidade de absorver conhecimento que resulte em inovação tecnológica, o estudo tem por base a firma neo-schumpeteriana. Neste contexto, a firma pode ser entendida como um organismo vivo capaz de interagir com outros para obter recursos complementares, como destacado por Marshall (1890/1985), e tem como principal fonte de inspiração para inovar e crescer os seus próprios recursos materiais e humanos, como enfatizado por Penrose (1959/2006), que destaca o conhecimento como uma

das fontes potenciais para explorar as oportunidades internas de expansão da firma. Portanto, o processo de inovação, como um conjunto de novos conhecimentos, é o núcleo no qual orbitam as habilidades da firma em aprender, se transformar e crescer de acordo com as mudanças no seu ambiente interno e externo. Neste contexto, há uma necessidade de coevolução do organismo produtivo interno, com o estabelecimento de rotinas, memórias organizacionais, habilidades e perícias para o desenvolvimento de suas atividades produtivas, com relação ao ambiente externo, onde a firma obtém os seus recursos complementares, já que o “modo de fazer as coisas” da firma só vigoram se os recursos estão em “contínua mutação” (NELSON; WINTER, 2005). Pois, como ressalta Teece (2009), a firma por estar em um ambiente com rápidas mudanças tecnológicas precisa ampliar, manter e proteger os conhecimentos e ativos que possui para manter a sua competitividade e performance frente aos concorrentes. Logo, a firma inovadora possui características próprias devido ao conjunto de conhecimento tecnológico que inicialmente a constituiu e, dependendo desta configuração, a sua capacidade para absorver novos conhecimentos será maior ou menor (COHEN; LEVINTHAL,1990)

Os estudos sobre capacidade absorptiva da firma são recentes, quando comparado com outras áreas de estudos da ciência econômica, tendo iniciado na década de 1980. No entanto, ela pode ser vinculada com os estudos sobre o aprendizado organizacional e inovativo das firmas. Isso significa, por um lado, que há dificuldades na sedimentação conceitual e dos processos de análise, mas por outro, possibilita fazer parte desta construção teórica. Nesse aspecto, os métodos aplicados para mensurar a capacidade absorptiva das firmas ainda estão em construção, pois nota-se que as técnicas estatísticas convencionais usadas na economia são limitantes para uma análise mais ampla da diversidade de organizações e de suas habilidades produtivas de um ponto de vista dinâmico. Neste sentido, os conjuntos fuzzy ajudam na identificação das fronteiras dos dados, auxiliando no mapeamento das informações úteis para serem analisadas, já que as técnicas convencionais podem estar condicionadas a uma relação binária, limitando assim, os resultados quanto a afirmação ou negação da capacidade absorptiva, o que teoricamente conflita com a percepção de firmas heterogêneas.

A teoria dos conjuntos fuzzy é apropriada para modelar sistemas de inferências que são usados principalmente em situações nas quais os graus de intensidade percebidos na associação das observações estão condicionados a uma acurada percepção da expressão humana para contextos incertos e imprecisos, como por exemplo, absorver um novo conhecimento. Para Benine (2012), esta é a técnica que fornece uma poderosa ferramenta na

manipulação de informações aproximativas, sendo capaz de tratar conhecimentos incompletos, incertos ou mesmo conflitantes.

Logo, o estudo tem como proposta a apresentação e avaliação de dois métodos para mensurar a capacidade absorptiva das organizações que possuem como base os conjuntos fuzzy. O fsQCA que faz uma análise comparativa de combinações causais e o sistema Mamdani que utiliza um conjunto de regras nebulosas do tipo “Se...Então” para consolidar uma inferência da combinação do conjunto de variáveis. Os dois métodos analisam o conjunto de variáveis fuzzy antecedentes contendo uma gradação que represente a diversidade dos conjuntos e que resultam em um conjunto de variáveis consequentes que indique a capacidade absorptiva da firma.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

As empresas de alguma forma tentam superar os concorrentes e estabelecer algum poder de mercado. Neste processo, a capacidade de reconhecer as estratégias mais acertadas faz parte do aprendizado das mesmas para continuar existindo ao longo do tempo. Mas tal habilidade e expertise estará condicionada aos recursos iniciais da organização, além das rotinas produtivas internalizadas e que culminam em seu crescimento.

Do ponto de vista da evolução das habilidades e capacidades produtivas de uma firma, o conhecimento tecnológico é um dos fatores essenciais para que sejam estabelecidas trajetórias de sucesso, que associado a um ambiente institucional favorável e inovativo podem elevar o nível competitivo das empresas. Sendo assim, a capacidade de absorção de novos conhecimentos do ambiente externo das firmas é um ponto importante quando o assunto é competição por meio de inovações tecnológicas, mas a forma como essa capacidade comumente é mensurada possui lacunas, pois apenas permite captar se existe ou não a capacidade absorptiva, o que deixa de lado uma gama de resultados que podem ser interessantes quando considerado a diversidade entre as empresas e setores industriais. Vislumbrando a importância da capacidade de absorção de novos conhecimentos para as empresas gerarem inovações e mudanças organizacionais em condições de análises não estáticas, decorre a seguinte questão, se:

É possível usar conjuntos fuzzy para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico de firmas inovadoras? E como operacionalizar esta mensuração para os dados da indústria de transformação brasileira?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um método para mensurar a capacidade absorptiva de firmas inovadoras utilizando conjuntos fuzzy, capturar as variações da intensidade da capacidade absorptiva e aplicar o método aos dados da PINTEC para os anos de 2011 e 2014.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para sistematizar o objetivo geral com mais detalhes, se define alguns apontamentos específicos para o estudo e que podem ser relacionados da seguinte forma:

- Sistematizar uma representação de firma com base em conhecimento, tendo como perspectiva a construção teórica cumulativa ao longo do tempo que se sedimenta em uma noção neo-schumpeteriana de firma;
- Contextualizar a firma em termos de capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos;
- Apresentar dois métodos com conjuntos fuzzy como uma alternativa viável para mensurar capacidade absorptiva;
- Aplicar o sistema de inferência Mamdani para mensurar a capacidade absorptiva dos setores da indústria de transformação brasileira por meio dos dados da PINTEC 2011 e 2014.

1.3 JUSTIFICATIVA

A firma é o objeto de estudo na economia desde a sua conformação como ciência, mas o seu entendimento esteve restrito durante algum tempo ao desdobramento da sua relação com os conceitos clássicos, como um locus ao processo de divisão do trabalho e sujeita a maior ou menor grau de concorrência conforme as condições de lucratividade comparativa entre indústrias. Contudo, para entender as firmas de um ponto de vista dinâmico onde a capacidade de lidar com os problemas tecnológicos e de crescimento não seja homogeneizado ou ignorado, os pressupostos neoclássicos que consolidaram os argumentos em uma idealização de uma firma representativa equiparada a uma função de produção precisam ser revistos. Sendo assim, do ponto de vista da absorção do conhecimento, dinâmico e evolucionário é indispensável compreender a firma como uma organização que está sujeita a diversas influências, como por exemplo as mudanças tecnológicas, institucionais e de localização.

Nesse sentido, o estudo contribuirá com uma análise de firma e do seu comportamento em termos dinâmicos, para além da relação neoclássica. Uma motivação para o rastreamento do pensamento econômico sobre a firma decorrente de argumentos de autores como Tigre (2009) e Koutsoyiannis (1980) que introduzem uma perspectiva mais rica e cuidadosa sobre os limites de crescimento da firma comparativamente à compilação de manuais de inspiração neoclássica. Para tanto, o estudo pretende contribuir também com a consolidação da perspectiva de firma como uma organização que possui características particulares que podem ser distintas de outras firmas e que possui no conhecimento tecnológico um dos seus principais ativos, em especial, para a criação e manutenção de habilidades que permitam a sua evolução no tempo, aumentando a sua performance, capacidade de inovar e competitividade.

Apesar de serem recentes, os estudos sobre capacidade absorptiva da firma, que iniciaram na década de 1980, estão se consolidando como uma ferramenta de análise da gestão do conhecimento, do aprendizado organizacional, da inovação tecnológica e da transformação da firma ao longo do tempo. E mesmo que os métodos aplicados para mensurar a capacidade absorptiva ainda estejam em construção, as técnicas estatísticas convencionais são limitantes para uma análise mais ampla da diversidade de organizações e de suas habilidades produtivas de um ponto de vista dinâmico, pois agregam as características das empresas e dos indivíduos como se eles fossem homogêneos. Neste sentido, o uso da teoria dos conjuntos fuzzy é justificada como uma alternativa para a identificação das fronteiras dos dados, no mapeamento das informações úteis para serem analisadas e para tornar possível a análise comparativa das combinações causais, pois tal abordagem não está condicionada por uma relação binária que limita os resultados quanto afirmação ou negação da capacidade de absorção do conhecimento, o que teoricamente pode conflitar com a análise de firmas heterogêneas em um ambiente em constante mutação.

A teoria dos conjuntos fuzzy é justificada também por ser apropriada para a modelagem de sistemas de inferências que são usados principalmente em situações nas quais o grau de intensidade percebido na associação das observações estão condicionadas a uma acurada percepção da expressão humana de contextos incertos e imprecisos, como por exemplo, absorver um novo conhecimento.

Vale destacar que a teoria dos conjuntos fuzzy não restringe outras abordagens que buscam organizar e a modelagem de dados não binários, pois esta técnica parte da lógica fuzzy para a resolução dos problemas de inferência, o que permite modelar conhecimentos incompletos, incertos ou mesmo conflitantes, que às vezes, não podem ser tratados por técnicas tradicionais de modelagem. Além disso, o uso de conjuntos fuzzy permite com que

seja construído sistemas que incorporem as mudanças das variáveis ao longo do tempo, ou seja, permite criar sistemas de aprendizado dos eventos e das suas configurações. Portanto, usar conjuntos fuzzy e a lógica fuzzy também podem ser justificados pela flexibilidade de uso das técnicas, que dentre outras coisas, pode ser combinada com técnicas de probabilidade, ou mesmo, ser aplicada na construção de redes neurais.

Mas para vislumbrar as mudanças sistêmicas da inovação e o impacto para as firmas, antes é preciso saber como elas adquirem, assimilam, transformam e exploram os conhecimentos tecnológicos e a relação dessas variáveis com a capacidade absorptiva. Já que no atual cenário de globalização e de competição tecnológica entre as organizações, a constituição de habilidades e capacidades para acessar os conhecimentos do seu entorno pode ser justificado como um fator estratégico para a sua performance e competitividade¹. A justificativa de se aplicar técnicas de mensuração não binária para capacidade absorptiva é de fazer a junção entre os conceitos de capacidades absorptivas com a teoria neo-schumpeteriana, possibilitando o mapeamento de variáveis, que não seja apenas os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) formal das empresas, na construção de indicadores de absorção do conhecimento tecnológico.

A dissertação desenvolverá a temática de pesquisa em seis capítulos a partir desta introdução. No capítulo 2, é apresentada a revisão teórica referente aos temas de microeconomia das firmas e da inovação. No capítulo 3, é discutida a Capacidade de Absorção de novos conhecimentos e a sua relação com a inovação, aprendizado organizacional e performance organizacional. No capítulo 4 expõem-se dois modelos conceituais de capacidade absorptiva utilizando conjuntos fuzzy como alternativa aos métodos de análise binária das relações de capacidade absorptiva. No capítulo 5, é apresentada uma aplicação do sistema de inferência fuzzy Mamdani para capacidade absorptiva para a indústria de transformação brasileira para os anos de 2011 e 2014. Por fim, o capítulo 6 traz as considerações finais sobre o estudo.

¹ Competitividade aqui se refere à schumpeteriana, através de inovações tecnológicas e não a competitividade ricardiana por meio da produtividade do trabalho e das vantagens comparativas.

2 A FIRMA EM UM CONTEXTO EVOLUTIVO

Apresentar teoricamente a firma e o seu funcionamento, e para além disso, fazer uma descrição de como ela produz, cresce e inova, é um desafio, em especial, para o escopo das análises feitas na ciência econômica ao longo do tempo. O esforço deste capítulo vai ao encontro com tais objetivos, o de retratar uma firma que seja compatível com as abordagens feitas neste trabalho sobre conhecimento como um recurso produtivo das organizações, aprendizagem tecnológica e capacidades dinâmicas.

Para entender o contexto produtivo e do desenvolvimento das capacidades e habilidades das organizações, é preciso, primeiro, compreender as relações teóricas que estudam como as firmas crescem, interagem, se modificam e evoluem ao longo do tempo. Tendo com base, teorias da organização industrial e neo-schumpeteriana, este capítulo traz uma abordagem pautada em autores que se preocuparam em estudar como a firma se desenvolve, evolui e cresce em diferentes contextos. Nesse sentido, o esforço inicial foi feito com o objetivo de apresentar a firma para Marshall (1890/1985), que é caracterizada como uma organização pelo autor, mas que ao mesmo tempo é alicerçada em estruturas de análises estáticas da firma.

Ainda no sentido de compreensão do desenvolvimento da firma, Penrose (1959/2006) nos apresenta uma teoria do crescimento rica em detalhes e fonte de diversos conceitos inovadores, em especial, por considerar a firma com base nos recursos produtivos, além de considerar os serviços que cada recurso possui e o fato deles não serem homogêneos, possibilitando a extração de diferentes graus desses serviços ou a sua ampliação no decorrer do crescimento das organizações. Adiante, é feito um panorama da firma evolucionária e a sua relação com a constituição de habilidades, rotinas e capacidades que influenciam a evolução das firmas ao longo do tempo incorporando elementos da abordagem neo-schumpeteriana.

2.1 A FIRMA COMO SINÔNIMO DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA

A primeira percepção de funcionamento de uma firma e das suas características básicas ainda hoje está pautada nas descrições feitas por Adam Smith, ou seja, na divisão do trabalho e na “especialização” que torna mais eficiente a produção. No entanto, a divisão do trabalho e, conseqüentemente, a sua especialização é apenas uma da questão de inúmeras outras que podem ser abordadas nas pesquisas sobre a organização da indústria e do funcionamento das firmas. Alfred Marshall chama a atenção para este fato em seus *Princípios de Economia*, pois ressalta que várias interpretações superficiais de Smith foram feitas e que

existem muitas outras nuances que devem ser consideradas ao se estudar as firmas, como por exemplo, o contexto histórico e de formação industrial.

Nas análises econômicas a homogeneização das características das organizações e dos indivíduos é frequentemente utilizada para a criação de modelos representativos de comportamentos. Este artifício, utilizado para a organização de dados empíricos, foi e ainda é replicada nas construções teóricas. O estabelecimento de um modelo representativo de uma firma para as várias unidades de uma indústria, assim como, um indivíduo consumidor para a demanda do mercado, com a finalidade de obter unidades de análises sólidas e que contribuíssem para a afirmação da economia como uma ciência moderna, resultou na concentração dos esforços e foco para conjuntos de análises que não consideram uma gama importante de fatores. Dentre os diversos fatores negligenciados alguns são importantes nas análises das organizações, tais como, a diversidade dos agentes, das firmas e das situações e problemas que enfrentam na realidade. A consequência dos modelos estáticos é a relação de fatos que tenderia a ser replicados *ad infinitum*, imutáveis, com ações e comportamentos homogêneos entre os indivíduos, desses com as firmas e destas com o mercado, ou seja, como se todos buscassem os mesmos objetivos, de forma particular, coordenada e sem interferência de outros fatores relevantes, como política, religião e princípios éticos.

Marshall (1890/1985), assim como Adam Smith em *A Riqueza das Nações* (1776/1983), debate questões mais amplas do funcionamento da economia, que tanto descrevem as relações do trabalho e do funcionamento interno das organizações personificados como uma função de produção, quanto às questões sistêmicas que decorrentes de tais relações de produção. O ponto de partida para o entendimento das empresas e do seu funcionamento em Marshall (1890/1985) foi a teoria smithiana da firma, mas o próprio Marshall vai além das conclusões “superficiais” das análises feitas das descrições smithianas, pois o contexto da indústria o qual ele se debruça é outro. Ao tempo de Marshall, a indústria está mais consolidada, a implantação de máquinas e o uso equipamentos mais sofisticados é uma realidade para vários ramos de produção, sendo a divisão do trabalho acompanhada por aperfeiçoamentos das técnicas produtivas e dos maquinários. Embora defenda incorporar um novo contexto produtivo, o modelo marshalliano de firma é estático, pois as firmas buscam apenas maximizar a sua função de produção, que de forma geral é bem definida e limita a análise de apenas um bem representativo homogêneo entre as organizações.

O ambiente externo pode ser uma fonte de recursos que impulse a capacidade de aprendizado tecnológico. Para incorporar sua influência na teoria, alguns conceitos e descrições feitas por autores da organização industrial são indispensáveis. Neste sentido,

embora lançando mão de simplificações, a abordagem marshalliana foi pioneira neste processo, principalmente ao descrever o papel que os distritos industriais possuem na difusão e no processo de aprendizado de conhecimentos tecnológicos de pequenas empresas.

Outro ponto do entorno ambiental da firma que pode ser destacado, na percepção de Marshall (1890/1985, p.101-102) é que a livre concorrência mesmo que dominante em certos mercados não é uma condição normal, pois para o funcionamento adequado dos mercados podem existir elementos que nada têm a ver com os princípios de concorrência perfeita. Mas como o autor trabalha com a concepção de uma função de produção, logo o seu olhar é sobre as condições dos preços dos insumos de produção e a sua tendência no longo prazo de normalidade, sob certas condições. A seguinte passagem sintetiza como Marshall tentou equacionar a sua percepção de um ambiente econômico rico em detalhes com a construção teórico-científica geral.

Algumas partes da Economia são relativamente abstratas ou puras porque se relacionam principalmente com largas proposições gerais. Pois, para que uma proposição possa ser de aplicação ampla, é preciso que contenha poucos detalhes: ela não se pode adaptar a casos particulares; e se ela se propões a alguma previsão deve ser governada por uma cláusula fortemente restritiva, na qual seja dado um sentido amplo à frase “outras coisas sendo iguais”. Outras partes são relativamente aplicadas, porque tratam mais em detalhe de questões mais estreitas; levam mais em conta elementos locais e temporários; e consideram as condições econômicas em maior e mais estreita relação com as outras condições da vida. (MARSHALL, 1890/1985, p. 103, nota 69)

As discussões e justificativas estabelecidas por Marshall (1890/1985), remetem a um certo desconforto teórico, o qual, de certa forma pode ser percebido nos capítulos finais do seu tratado quando o autor se desloca de uma metodologia e de justificativas pautadas na abstração rígida de um modelo matemático para reafirmar as leis gerais e passa a descrever as engrenagens da economia em termos “institucionais”, descrevendo as organizações e o seu funcionamento. Esse salto, de uma metodologia pautada em princípios gerais e inspirada na física, para outra com analogias biológicas e atenta a especificidades ambientais, é um dos fatos relevantes na construção do tratado marshalliano e para a leitura e entendimento do seu trabalho.

Vale destacar que o contexto de uma pesquisa e as percepções que os pesquisadores possuem sobre o objeto pesquisado fica evidente quando se leva em conta fatores históricos e o período no qual é realizada. Nesse sentido, Marshall (1890/1985), apesar de ter encontrado uma indústria mais “dinâmica” do que Smith (1776/1983), percebe que as diretrizes e as prerrogativas para se explicar completamente os fenômenos econômicos vinham mudando. Essas percepções do autor ficam evidentes quando ele, mesmo que de forma marginal, credita

ao conhecimento e aos fatos “modernos” de seu tempo, valor analítico para justificar certas relações de negócios e de organização da indústria. Ele ainda enfatiza, para que o estudo da teoria avance em paralelo com os fatos e, conseqüentemente, dar conta de tratar os problemas mais modernos, deve ter como referência os fatos presentes. Sendo assim, fica claro a sua preocupação em descrever e explicar as condições econômicas e de transformação da indústria de seu tempo, pois estes eram fatos importantes que impactam diretamente o seu país, a política e as suas inquietações intelectuais.

Sendo assim, Marshall (1890/1985) buscou compreender quais os mecanismos relevantes para o crescimento da firma e, por conseqüência, da indústria. Em diversos momentos do texto, o autor enfatiza o papel que o conhecimento possui para a mudança dos indivíduos, essa importância pode ser percebida no seguinte trecho, “o capital consiste, em grande parte, em conhecimento e organização”², ou seja, o conhecimento nas suas diversas formas é fundamental para a produção e organização industrial, pois ela permite que este conhecimento seja agrupado em empresas privadas e ou na constituição e consolidação do Estado. O autor ainda chama a atenção para a distinção entre a propriedade pública e a privada, ou seja, a forma como o conhecimento se encontra (concentrado ou disperso) e como ele é organizado, se é voltado para a produção (setor privado) ou se voltado para suporte público das relações institucionais dentro e fora das fronteiras de uma nação (setor público).

O conhecimento pode ser visto nas descrições de Marshall (1890/1985) como um diferencial no processo produtivo, pois o torna mais eficiente. Mesmo que o modelo marshalliano seja pautado pelas relações de oferta e demanda, sendo, portanto, concebido através de uma agregação e homogeneização do trabalho, onde as habilidades e os conhecimentos dos trabalhadores acabam convergindo para um padrão médio de expertises ao longo do tempo. Tal perspectiva, evidencia em os *Princípios* que o aprendizado na indústria é um ingrediente estratégico e, tal linha de raciocínio, pode ser interpretada quando o autor enfatiza que o dispêndio em educação não é um desperdício de recursos, mas sim um investimento, como pode ser percebido na seguinte passagem.

Podemos concluir, portanto, que não se podem medir as vantagens de consagrar fundos públicos e particulares para a educação do povo apenas pelos frutos diretos. Até mesmo como uma aplicação de capital, é vantajoso dar às massas maiores oportunidades do que as que possuem atualmente, pois é só por esse meio que todos aqueles que morreriam desconhecidos terão o impulso necessários para fazer brotar suas aptidões latentes. E o valor econômico de um único gênio industrial é suficiente para cobrir as despesas da educação de toda uma cidade, pois uma única ideia, [...], aumenta a capacidade produtiva da Inglaterra como o trabalho de cem mil homens. [...]

2 MARSHALL, Alfred. Princípios de economia: tratado introdutório. São Paulo. Nova Cultural, 1985, p.203.

Todas as despesas feitas, durante muitos anos, para dar às massas uma oportunidade de se instruírem melhor, ficariam perfeitamente compensadas se fizessem surgir um novo Newton, um Darwin, um Shakespeare ou Beethoven. (MARSHALL, 1890/1985, p. 271)

As questões sobre a organização da indústria apesar de parecerem um certo desconforto teórico na teoria marshalliana, pois ao mesmo tempo em que ele está preso aos fundamentos teóricos vigentes na teoria econômica e científica do seu tempo, demonstra a sua inquietação com os fatos que, de certa forma, contestam alguns dos pressupostos e leis gerais. Isso fica claro, na passagem acima, em que o investimento em educação, pode impulsionar a capacidade produtiva das firmas, pois aumenta a capacidade dos indivíduos e conseqüentemente das empresas em absorver conhecimento necessário para serem mais eficientes, por outro, também as tornam mais inventivas. Os casos como os Estados Unidos que possui uma base de ensino consolidada e da Alemanha, que emulava dos ingleses conhecimentos para a sua indústria foi alvo de especial interesse do autor para fazer um contraponto ao caso inglês. Esses dois primeiros países apesar de usarem estratégias distintas de industrialização, aproveitaram ambos da estrutura nacional de ensino técnico e científico, assim como do intercâmbio de conhecimentos para impulsionar as suas empresas e a indústria nacional, incentivando principalmente os setores mais inovadores.

Marshall (1890/1985) não descreve o processo de inovação como viria a ser cunhado por Schumpeter³, através da destruição criadora, mas ele teve uma intuição desse processo, pois entendia que uma das condições para se ter uma organização eficiente da indústria era manter todas as engrenagens perfeitamente alocadas. O autor partia do entendimento de um aprendizado pela prática, ou do *learning-by-doing*, que geraria eficiência produtiva, o surgimento de novos hábitos e ações automáticas dos trabalhadores, que poderiam ser associadas, no contexto, como saber fazer alguma coisa de forma eficiente.

Contudo, o ponto de vista que predomina em Marshall (1890/1985) é a de uma economia pautada no aumento das escalas de produção. O autor, divide tal abordagem em dois planos de análise: o primeiro plano, o qual ele chama de *economias externas*, deriva de uma indústria dependente do desenvolvimento geral da economia e da indústria; já o segundo, cunhado como *economias internas*, é dependente dos recursos internos de cada firma, das suas habilidades e da sua capacidade organizacional e eficiência produtiva. As economias externas, segundo o autor, podem ser decorrentes de uma concentração espacial de pequenas empresas e, não está, necessariamente, condicionada ao desempenho geral da economia, mas

³ SCHUMPETER, Joseph A. Teoria do desenvolvimento econômico. Fundo de Cultura, 1961, p.10. (Revisão publicada em 1934. Título original: The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle)

sim, das relações produtivas em um determinado local e das externalidades produtivas que possam servir para impulsionar a produção neste espaço geográfico específico, dado ao processo de *spillovers* entre as empresas.

A questão que pode ser levantada é, até que ponto a eficiência de produção em larga escala são advindas de *economias externas* ou de *economias internas* das empresas? Além disso, como a localização e a concentração industrial podem influenciar tais economias? Marshall (1890/1985), além de ter feito tais questionamentos sobre a realidade industrial a qual investigava, buscou a resposta nas relações básicas, primeiro da divisão do trabalho e conseqüentemente na especialização; segundo, percebeu que a urbanização e a concentração de trabalhadores nas cidades em detrimento do campo corrobora para uma maior complexificação das relações econômicas, que por sua vez, culminaram na diversificação da produção industrial, em especial para a indústria manufatureira, que não depende de uma localização específica para ser instalada, como é o caso da indústria extrativista que é dependente da localização onde o recurso será explorado. Este fator, concedeu a indústria manufatureira um poder maior de deslocamento e de negociação na perspectiva do autor. Pois “qualquer barateamento dos meios de comunicação, qualquer facilidade que surja para a troca de ideias entre regiões distantes, altera a ação das forças que tendem a localizar as indústrias” (MARSHALL, 1890/1985, p.322).

Já com relação à organização interna da firma, pode ser destacado, como é feito por Marshall (1890/1985), a ampliação da especialização e da divisão do trabalho decorrentes do seu crescimento. Isso faz com que as empresas que possuam capacidade de produção em grande escala consigam reservar parte de sua força produtiva para as análises de mercado e de suas tendências, o que pode, de alguma forma, ajudar na implementação de mudanças organizacionais e tecnológicas que venham a ser consolidadas no mercado. Neste sentido, as empresas que tenham a capacidade de realizar economias internas, no sentido descrito pelo autor, podem ter as suas habilidades ampliadas dada a possibilidade de uma maior análise das tendências de mercado e captura de informações relevantes, ou seja, tais firmas podem ter uma capacidade maior de ampliar os seus conhecimentos voltados para a produção frente às empresas que não podem adotar tais estratégias.

A especialização em conjunto com a divisão do trabalho, acaba condicionando as possibilidades das empresas e, segundo Marshall (1890/1985), por garantir vantagens às grandes empresas em detrimento das pequenas. Pois para o autor:

O dirigente de uma grande empresa pode reservar toda a sua energia para os maiores e mais fundamentais problemas de sua indústria: ele deve, na verdade, estar seguro de que seus gerentes, empregados e capatazes são os

homens qualificados para os respectivos serviços, e os estão realizando bem, mas, afora isso, não precisa se preocupar muito com detalhes. Pode manter sua mente clara e fria para pensar os mais difíceis e vitais problemas do seu negócio; estudar os grandes movimentos do mercado, as consequências ainda indefinidas dos acontecimentos correntes no país e no exterior; e imaginar como melhorar a organização das relações internas e externas da sua empresa. (MARSHALL, 1890/1985, p. 331-332)

Sendo assim, as empresas pequenas não podem desfrutar de todas as vantagens de uma divisão do trabalho mais intensa e das especializações, principalmente os seus dirigentes, pois o pequeno empresário acaba acumulando várias funções, assim como alguns dos seus gerentes e funcionários. Ou seja, segundo Marshall:

Para grande parte dessas funções, o pequeno empresário, se tiver capacidade, não tem tempo; não pode fazer um estudo tão amplo do setor de sua indústria nem olhar tão longe; deve frequentemente contentar-se em seguir os outros. Tem que despender muito tempo em trabalho relativamente inferior, pois, para ter êxito, seu espírito deve ser sob certos aspectos de uma alta qualidade, e deve ter uma certa capacidade de criação e de organização; e, contudo, ainda tem que efetuar muito trabalho de rotina. (1890/1985, p. 332)

Nos trechos acima, o autor evidencia a sua percepção sobre o funcionamento dos mercados, pois mesmo que exista alguma concorrência, esta não é de todo igual, tendendo a beneficiar as empresas que já são grandes e possuem algum poder de mercado. Este poder de mercado reflete por consequência as economias internas através da especialização e da divisão do trabalho, assim como a obtenção de informações sobre a economia, facilitando as economias externas, ou seja, prever quais são as tendências de mercado e com isso obter vantagens.

Por outro lado, o pequeno empresário tem vantagens que lhe são próprias. O olho do patrão está em toda a parte; [...] Se bem que fique em grande desvantagem quanto à obtenção de informações e à realização de experiências, nesse terreno o curso geral do progresso vem em seu favor. Pois as economias externas estão constantemente crescendo em importância relativamente às internas, em todos os campos da ciência dos negócios: jornais, publicações profissionais e técnicas de todos os gêneros estão permanentemente observado por ele e trazendo-lhe os conhecimentos de que precisa – conhecimento que há pouco tempo estavam além do alcance de quem quer que não pudesse ter agentes bem pagos em muitas localidades distantes. (MARSHALL, 1890/1985, p. 332)

O debate sobre organizações e a produção em larga escala em os *Princípios* deixa margem para destacar o papel que o conhecimento possui no desenvolvimento das capacidades das organizações e as vantagens competitivas que proporcionam às empresas que podem ampliar o seu aprendizado produtivo. No entanto, como já dito, a percepção sobre as inovações é ainda pouco desenvolvida, Marshall (1890/1985) olhando para as firmas do seu tempo, entendia que a ciência é quem desenvolvia e impulsionava o processo inovativo

através do conhecimento científico e, que estes, estariam disponíveis ao interesse geral, como se tal conhecimento falasse a mesma língua que a indústria ou os empresários.

É de sua conveniência que as transformações na manufatura dependam menos de simples regras empíricas e mais dos largos desenvolvimentos de princípios científicos, e muitos deles são realizados por estudiosos na procura do conhecimento em si, e são prontamente publicados no interesse geral. Assim, pois, ainda que o pequeno industrial raramente possa estar à frente de seu tempo na corrida do progresso, ele não precisa estar distanciado, se tem tempo e capacidade para aproveitar por si as facilidades modernas de obter conhecimento. (MARSHALL, 1890/1985, p. 332)

Pela dinâmica da organização industrial marshalliana, as empresas seguem um ciclo de existência, que condiciona a sua sobrevivência ao êxito e ao fôlego do empresário que as criou, já que a figura do empreendedor está ainda fortemente ligada à manutenção de uma grande firma e ao rumo que ela terá. A tendência apontada é que as empresas grandes eliminem as pequenas e estabeleçam um monopólio limitado, que fora estabelecido pelas expertises de um empresário habilidoso que conseguiu conciliar economias internas pelo aumento da produção em escala e escoar a produção de forma lucrativa.

Os ganhos de escala ou as economias de escala são apresentados em seus pormenores por Iootty e Szapiro (2012, p. 25-39), onde as autoras discorrem sobre economias de escala e de escopo das firmas. Marshall (1890/1985) descreveu em os *Princípios* os conceitos discutidos pelas autoras supracitadas, tais como: i) ganhos de especialização, em que o autor destaca a figura do empresário e as suas capacidades de obter informações, além das especializações relativas aos gerentes; ii) indivisibilidade técnica, neste sentido as grandes empresas teriam mais vantagens dado ao tamanho dos seus equipamentos de produção; iii) economias geométricas, associada a capacidade de uma determinada planta em processar a produção dada as restrições dos fatores de produção, lugar e pessoas especializadas, enfatizado em algumas passagens de os *Princípios*; iv) economias relacionadas à lei dos grandes números, esta, que seria uma das fontes de economia “interna” e, está relacionada ao tamanho da organização e a sua capacidade de produzir grandes quantidades de um mesmo produto que, por sua vez, também diz respeito ao poder de mercado e do maquinário utilizado.

No entanto, as empresas, segundo Marshall (1890/1985), mesmo as grandes, estariam fadadas ao declínio, pois a produção e as economias de escalas estão associadas ao uso de inovações produtivas e a firma que perde a capacidade e a energia para se manter no topo da cadeia “está sujeita em breve tempo a decair rapidamente”. Isso ocorre na percepção do autor dado que a sua análise considera a firma como um espécime que nasce, na maioria das vezes

pequena, cresce e conquista território, depois de se tornar grande, o que deveria acontecer no longo prazo, começa o seu processo de declínio, já que a energia e a sagacidade do empreendedor tende a se esgotar.

Marshall (1890/1985) ao descrever as firmas como organizações e de certa forma um ciclo de existência para as mesmas, dado as restrições impostas pela sucessão do empresário fundador, descreve os fenômenos da organização da indústria através de analogias de processos biológicos, fugindo um pouco das analogias da física feitas pelos economistas ao longo do tempo.

Mas aqui podemos aprender uma lição das árvores jovens da floresta, que lutam para ultrapassar a sombra entorpecente das suas velhas concorrentes. Muitas sucumbem no caminho, e apenas poucas sobrevivem e essas poucas se tornam mais fortes cada ano, obtêm mais ar e mais luz à medida que crescem e, afinal, se elevam, a seu turno, acima das vizinhas e parecem querer se elevar sempre mais e se tornam sempre mais fortes à medida que sobem. Mas assim não acontece. Uma árvore durará mais tempo em pleno vigor e alcançará um tamanho maior que outra mas, cedo ou tarde, a idade se manifesta em todas. Embora as mais altas tenham melhor acesso à luz e ao ar do que as suas rivais, gradualmente perdem vitalidade, e uma após a outra dão lugar a novas que, apesar de possuírem menos força material, têm a seu favor o viço da mocidade. (MARSHALL, 1890/1985, p.360)

Sendo assim, nesta perspectiva o fator “biológico” das organizações limitaria a sua existência, pois ao alcançar um tamanho ótimo as empresas rumam ao declínio. Para além disso, um dos problemas comum o qual o autor percebeu foi a dificuldade de empresas familiares se manterem depois que o fundador deixa de coordenar as atividades da organização, pois as habilidades e criatividade não são transmitidas geneticamente para os seus herdeiros.

O problema do agente-principal⁴ também figurou as preocupações do autor na manutenção e na existência das firmas, pois em seu momento de análise as firmas de capital aberto e coordenadas por acionistas ainda não se configurava como algo normal, ou seja, na média as empresas com essas características eram vistas como problemáticas e pouco eficientes dado o conflito de interesses que possa ocorrer entre os acionistas e o empresário gestor da organização.

Apesar de Marshall (1890/1985) ter constituído uma linha explanatória da organização da indústria com base em analogias da biologia, termina o seu livro enfatizando que para as análises que ele adotou, e que ainda são adotadas em diversas análises na economia, partem

⁴ Há uma relação de agência sempre que há um arranjo entre pessoas no qual o bem-estar de um dos participantes depende daquilo que é feito por outra pessoa, também participante. O agente representa a pessoa atuante, e o principal, a parte que é afetada pela ação do agente. O problema da relação agente-principal surge quando os agentes perseguem seus próprios objetivos, e não os do principal. (PINDYCK; RUBINFELD, 2002, p.541)

de uma firma representativa média para que seja possível encaixar nas formulações de um modelo econômico os comportamentos e ações homogeneizadas. Sua visão, quando voltada para a aplicação de leis econômicas, não incorpora a diversidade interna às indústrias, em similaridade à diversidade genética inerente aos indivíduos de uma mesma espécie.

Nossa empresa típica (*representative firm*) deve ser uma que tenha uma existência bastante longa e razoável êxito, que seja dirigida com habilidade e que tenha acesso normal às economias externas e internas pertencentes àquele volume global de produção, levando-se em conta a classe dos artigos produzidos, as condições de comercialização e o ambiente econômico em geral. [...] E uma firma representativa é essa espécie particular de firma média, para o qual precisamos nos voltar a fim de ver até que ponto as economias internas e externas da produção em massa se têm expandido geralmente na indústria e no país em questão. (MARSHALL, 1890/1985, p.362)

Sendo assim, apesar de avançar no debate sobre a organização da indústria em termos de como as firmas administram os seus conhecimentos voltados para a produção, a análise sobre como tais conhecimentos são distribuídos e disponibilizados em determinados arranjos locais é restrito aos típicos distritos industriais. Marshall (1890/1985), se deteve a lei dos rendimentos decrescentes e a percepção marginalista da economia, freando a sua construção analítica no equilíbrio da firma e, de certa forma, comprometendo uma análise pautada na capacidade das firmas de obter novos conhecimentos para ir além das relações estáticas. Pois, neste contexto, de uma firma média, o papel da tecnologia e da diversidade de conhecimentos voltados para a produção inovadora é pouco explorado, já que o principal objetivo é a eficiência no uso dos recursos produtivos.

2.2 A FIRMA BASEADA EM RECURSOS PRODUTIVOS

Outra abordagem sobre as firmas é feita por Edith Penrose em seu livro *Teoria do Crescimento da Firma*, de 1959, no qual a autora já parte de analogias da biologia e se mantém neste sistema para a construção de sua linha de raciocínio. Tendo como inquietação de estudo o crescimento das firmas, Penrose (1959/2006) não parte de uma função de produção pautada em insumos e lei de oferta e de demanda, por isso, não discute as relações dessas leis com o preço dos produtos. Segundo a autora, estas questões já foram debatidas em diversos textos, recebendo tanto críticas, quanto reforços e correções argumentativas. Por isso, o núcleo de construção teórico da autora é o aumento quantitativo e qualitativo da produção. Por conseguinte, a preocupação é saber como este processo de aumento e de mudanças produtivas, que se assemelham a processos biológicos, acontecem e por quais motivos, dado que as firmas podem ter transformações internas ao longo do seu desenvolvimento. Neste

sentido, o crescimento das firmas é visto pela autora como “um processo em curso” que depende das condições e da natureza do “organismo”, com o tamanho sendo o resultado mais ou menos acidental de um processo evolucionário.

O estudo das transformações internas como um processo de mudança que condicionam o crescimento e a sobrevivência das firmas, destacados acima, pode servir de base para a análise do desenvolvimento econômico de uma região ou país, pois em uma economia no qual a unidade de básica de organização da produção é a empresa privada, a cadeia de atividades econômicas estabelecida por elas estará, em parte, condicionada às estruturas industriais desse “organismo” e do seu desenvolvimento ao longo do tempo. Neste contexto, o desenvolvimento econômico de um país está interligado a natureza institucional das firmas, pois:

A maior parte das atividades econômicas é realizada por meio de firmas. Os padrões de vida econômica, incluindo tanto os padrões de consumo como os de produção, são em boa parte moldados pela multidão de decisões individuais tomadas pelos homens de negócios que orientam as ações mercantis que chamamos de firmas. A própria natureza do sistema econômico é, até certo ponto, definida em termos do tipo de firmas que o compõem, seu tamanho, o modo pelo qual foram estabelecidas e passaram a crescer, seus métodos de fazer negócios e as relações entre elas. (PENROSE, 1959/2006, p.41)

Sendo assim, as firmas não são analisadas na teoria penrosiana como um ser estático e passível de limites bem definidos quanto ao tamanho da produção e com base apenas na Teoria do Valor. Tal teoria que tem por base as relações entre preços dos bens que são produzidos e as formas que condicionam os preços dos produtos comercializados. Contrapondo esta perspectiva, para Penrose (1959/2006), as empresas são instituições complexas que influenciam a vida econômica e social de diversas maneiras. A autora, destaca que, as firmas são instituições ou organismos em constante mudança, que se desenvolvem ao longo do tempo e, são seres complexos de comportamento dinâmico, contrário ao que convencionalmente é afirmado pelas teorias que focam nas relações de oferta e demanda moldadas por mecanismos de preço, que transformam as firmas em seres passivos e dependentes do mercado, pois são tomadoras de preço. Para a autora, as firmas do ponto de vista estático são irrealis, pois:

Enquanto a “teoria da firma” é mantida em seu próprio contexto, não há muitas dificuldades com qualquer uma de suas explicações sobre o “tamanho” das firmas. As dificuldades surgem quando se tenta aclimatar uma teoria a ambientes que lhe são estranhos, e, particularmente, quando se procura adaptá-la à análise de organizações inovadoras, multiprodutoras e “de carne e osso”, que os homens de negócios denominam firma. (PENROSE, 1959/2006, p.47)

Isso significa que, fora do contexto “idealizado”, a capacidade de aprendizado, a absorção de novas técnicas produtivas e a inovação tecnológica são essenciais para compreender o funcionamento das organizações. Estas são variáveis que não fazem parte do escopo de análise da teoria econômica neoclássica, que lidam com firmas monocromáticas e, portanto, não conseguem explicar de forma adequada as empresas em um ambiente dinâmico. Por isso, as abordagens que partem de contextos metodológicos e epistemológicos distintos do neoclássico são importantes para descrever e analisar o processo de inovação tecnológica, possibilitam também analisar como firmas de diferentes tamanhos desenvolvem as suas habilidades de aprendizado e absorvem novos conhecimentos ao longo do tempo.

Ao analisar como as firmas crescem, Penrose (1959/2006) as descreve como sendo composta por conjuntos de recursos produtivos, que pode ser ainda, personificada como uma instituição jurídica e econômica, ou seja, mais do que uma unidade administrativa maximizadora. O uso dos recursos que constituem as empresas é determinada pelas habilidades adquiridas ou herdadas, que através das decisões administrativas condicionam como a produção será organizada, quais produtos serão produzidos, se haverá processos de diversificação, os mercados nos quais a firma atuará, entre outras decisões. Estas decisões administrativas sobre como os recursos serão utilizados no desenvolvimento das organizações é que condicionarão o crescimento da firma do ponto de vista das combinações internas.

Em termos estritos, nunca são os recursos em si que constituem os insumos do processo produtivo, mas apenas os serviços que eles podem prestar. Os serviços produtivos proporcionados pelos recursos são função do modo pelo qual eles são utilizados, com exatamente o mesmo recurso podendo ser usado para diversos fins ou de modos diferentes, e em combinação com vários tipos ou várias quantidades de outros, podendo proporcionar diferentes serviços ou conjuntos de serviços. A importante distinção entre os recursos e os serviços não reside em suas durabilidades respectivas, mas no fato de que os recursos constituem um conjunto de serviços potenciais, podendo em sua maioria ser definidos independentemente do seu uso, enquanto a própria palavra “serviço” já implica uma função ou uma atividade específica. (PENROSE, 1959/2006, p.63)

Os recursos são divididos em recursos materiais e recursos humanos, que não são o mesmo que insumos de produção, no sentido clássico utilizado na economia, mas sim, como descrito pela autora, meios pelos quais as firmas extraem serviços produtivos. Os recursos materiais constituem os objetos tangíveis, que podem ser absorvidos de forma rápida ou não pelo processo produtivo e podem oferecer distintos “serviços” conforme são utilizados ao longo do tempo. Já os recursos humanos, são constituídos pela força de trabalho qualificada ou não, que podem ter contratos de curto ou longo prazo com as firmas e os seus serviços são extraídos de acordo com a especialização que possuem e com as decisões administrativas. No

entanto, diferente dos recursos materiais, os recursos humanos podem ampliar a capacidade de ofertar mais e diferentes tipos de serviços produtivos com o tempo, dado que os serviços extraídos destes recursos estão relacionados com o acúmulo de conhecimentos das pessoas e como eles são aproveitados pelo processo produtivo das empresas.

Para compreender como as organizações crescem ou não, Penrose (1959/2006) construiu a sua própria abordagem e “teoria” da firma. Partindo do conceito de recursos produtivos e dos serviços produtivos que são extraídos desses recursos, *A Teoria do Crescimento da Firma* criou possibilidades de análises mais complexas e, como a autora mesma pontua, realistas do funcionamento dessas instituições que são dinâmicas e mudam no decorrer do tempo de suas existências, assim como um organismo biológico. Sendo assim, a firma é vista como uma instituição complexa, um organismo vivo, e seu crescimento dependerá da sua capacidade interna de usar os serviços extraídos dos recursos que ela possui, assim como da relação que ela estabelecerá com o meio onde se encontra para obter novos recursos e se desenvolver, ampliando com isto, a sua capacidade de competir com outras firmas.

Para tanto, uma figura importante nas decisões de como as firmas crescem é o empresário e os seus serviços, ou seja, como e quais serviços produtivos empresariais são utilizados. Para Penrose (1959/2006) o serviço empresarial se refere à introdução de novas ideias e soluções para produtos, a determinação das tecnologias utilizadas nos processos de produção e se elas precisam ser modificadas, a contratação de pessoal e coordenação administrativa, assim como a mobilização de capitais para expansão e introdução de novos processo ou produtos, ou seja, o empresário através de seus serviços está responsável pelo planejamento estratégico da firma. Por outro lado, os recursos humanos que executam as ideias e os planos desenvolvidos pelos empresários fornecem para firma os serviços administrativos. Para a autora, os mesmos indivíduos podem fornecer ambos os serviços para as firmas, sendo que a combinação com os recursos materiais fornecem os serviços produtivos, que constituem a figura das organizações, que também pode ser personificada como “uma predisposição psicológica por parte dos indivíduos para assumir riscos na expectativa de um ganho”⁵.

A capacidade de ação e absorção de novos conhecimentos voltados para a produção da firma, de acordo com *A Teoria do Crescimento da Firma*, estaria limitada pelos serviços administrativos e empresariais que a organização possui ou herdou. Pois, as oportunidades

5 PENROSE, Edith Tilton. **A teoria do crescimento da firma**. Editora Unicamp, 2006, p.74. (Trabalho publicado em 1959. Título original: The theory of the growth of the firm).

produtivas estão condicionadas pela capacidade de realização presente ou objetiva da firma, que diz respeito à capacidade realizada para explorar os serviços administrativos existentes. Mas estas oportunidades podem ser ampliadas, dado que os recursos humanos podem conter serviços que ainda não estão sendo utilizados, pois estariam ociosos e, portanto, constituem uma capacidade extra e grátis em potencial, que pode servir de base para uma possível expansão e crescimento futuro.

Quadro 1: Limites ao crescimento da firma.

| | |
|-------------------------------|---|
| Aptidão Administrativa | Diz respeito às condições internas à firma; |
| Mercado de produtos e fatores | Condições que se situam fora da firma; |
| Incerteza e os riscos | Combinação de atitudes e de condições externas. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Penrose (1959/2006).

Por se tratar de uma instituição a firma mesmo que esteja limitada pelos serviços que utiliza dos recursos internos, pelas relações de mercado para obter novos fatores e por incertezas ou riscos quanto ao que se espera de ganhos, não é algo à parte da sociedade e desconectada de outras instituições, como governos. Logo, por não ser um organismo amorfo e que, portanto, estaria diluído nas outras esferas institucionais, as firmas mesmo dependendo do ambiente externo, o modifica conforme a sua interação e utilização dos recursos existentes no seu exterior, promovendo o desenvolvimento paralelo das outras instituições com quem interage. Estas questões perpassam pelos critérios de julgamento empresariais, que segundo Penrose (1959/2006):

Vincula-se de perto à organização da coleta de informações e aos meios de consulta disponíveis dentro de uma firma, e está orientado para toda a questão dos riscos e da incerteza, e do papel das expectativas no seu crescimento. [...] as “expectativas” de uma firma – a maneira como ela interpreta o seu “entorno” – são tanto função dos recursos e das atividades de uma firma como das qualidades pessoais de seu empresário. Em última análise é o entorno que rejeita ou confirma a sensatez dos juízos a seu respeito, mas o entorno relevante não constitui um fato objetivo passível de ser descoberto antes dos acontecimentos; os economistas não são capazes de prevê-lo, a não ser que também possam prever como as atividades de uma firma também podem vir a alterar a entorno relevante no futuro. [...] As firmas não apenas alteram as condições do entorno necessárias ao sucesso de suas atividades, mas o que é ainda mais importante, elas sabem que podem mudá-las, e que o entorno não é algo independente de suas próprias atividades. (PENROSE, 1959/2006, p.84-84)

Penrose (1959/2006) inovou ao estudar as firmas do ponto de vista do crescimento, assim como Schumpeter (1934/1961), percebeu que os empresários possuem um papel importante no seu desenvolvimento, no acúmulo de conhecimentos corriqueiros da produção e inovativos. Mas a autora, avançou no estudo ao relacionar os serviços empresariais ao crescimento das organizações e ao destacar o papel que os serviços administrativos têm neste

processo, em especial, como um limitador da expansão da empresa num dado período de tempo. Isso ocorre, segundo a autora, pois as firmas não podem contratar no mercado pessoal que possua as mesmas habilidades e experiências de trabalho dos recursos humanos que já possui, e treinar novos recursos demanda tempo, além de aumento da capacidade interna para a sua utilização. Sendo assim, caso ocorra uma expansão muito rápida, os indivíduos podem não conseguir adquirir ou assimilar novos conhecimentos e experiências em tempo hábil. Logo, a eficiência produtiva será afetada, já que a capacidade produtiva da firma está diretamente relacionada com os seus recursos humanos, a forma como os conhecimentos são absorvidos e convertidos em novos serviços produtivos para a empresa.

Em termos de capacidade de absorção de conhecimentos tecnológicos a interação com o meio externo é fundamental, mas, assim como dito acima, a capacidade herdada ou inicial determinará como ocorrerá a absorção de novos conhecimentos e a utilização dos serviços produtivos já existentes. Isso significa que a capacidade de inovar, em termos tecnológicos, de uma firma dependerá de como os serviços oriundos dos recursos humanos foram inicialmente agrupados, a capacidade do empresário em usá-los e a aptidão desses recursos em incorporar novas habilidades produtivas ao processo de produção já constituído pela firma, caso este seja o seu objetivo.

Esse aumento dos conhecimentos não apenas ocasiona mudanças nas oportunidades produtivas de uma firma em termos não-relacionados ao seu entorno, como também contribui para o caráter “único” das oportunidades de cada firma individual. Os conhecimentos chegam às pessoas de duas maneiras diversas. Uma espécie pode ser formalmente ensinada, aprendida de outras pessoas ou de textos escritos, podendo, se necessário, ser formalmente expressa e transmitida a terceiros. A outra espécie também resulta do aprendizado, mas do aprendizado sob a forma de experiência pessoal. A primeira modalidade é o que podemos chamar de conhecimento “objetivo”. [...] A experiência produz um crescente conhecimento da realidade e contribui ao conhecimento “objetivo” na medida em que seus resultados podem ser transmitidos a terceiros. Mas a experiência em si nunca pode ser transmitida. Ela produz mudanças – frequentemente mudanças sutis – nos indivíduos, e não pode ser separadas deles. Os conhecimentos crescentes se apresentam de duas maneiras: sob a forma de conhecimento adquiridos e como mudanças da capacidade de utilizar os conhecimentos. Não há distinções rígidas entre essas formas, pois, em considerável medida, a capacidade de usar antigos conhecimentos depende da aquisição de novos. (PENROSE, 1959/2006, p. 100-101)

Nesse sentido, enxergar melhor o seu entorno e os conhecimentos disponíveis que possam ser incorporados pela organização, de acordo com as proposições de Penrose (1959/2006), também faz com que elas lidem melhor com a demanda por seus produtos, não se tornando reféns dos consumidores, ou mesmo dos seus fornecedores, aprendendo a

identificar as possíveis mudanças para, se possível, antecipar as possíveis trajetórias e tendências de consumo e de produção. Uma solução possível, apontada pela autora, para lidar com a aceitação de produtos, principalmente, no longo prazo quando a concorrência se acirra, é a diversificação da produção. Neste sentido, a autora pontua que as firmas, mesmo as mais antigas e maiores, procuram ao longo do seu desenvolvimento diversificar os produtos, pois assim como a experiência e os conhecimentos voltados para a produção, a composição da demanda também muda, logo, os produtos e as firmas precisam se adaptar a tais mudanças.

O lançamento de novos produtos ou o desenvolvimento de novos usos para produtos antigos são empreendidos por empresários que acreditam poder oferecer produtos com cujos usos os consumidores ainda não estão familiarizados, mas que eles (quer se trate de particulares ou de outras firmas) poderiam achar úteis e querer comprar em quantidades e a preços lucrativos para os produtores. [...] Na verdade a antecipação da aceitação por parte dos consumidores constitui uma condição necessária do interesse empresarial em qualquer produto, mas o incentivo originário de um grande número de inovações pode ser encontrado no desejo de uma firma usar seus recursos existentes de modo mais eficiente. [...] A direção geral da inovação na firma (incluindo as do sistema produtivo) não é aleatória, mas vincula-se de perto à natureza dos recursos existentes (incluindo os equipamentos de capital) e ao tipo e rol dos serviços produtivos que eles podem prestar. Uma das explicações do grau e da natureza da diversificação tornam-se, portanto, uma parte importante da explicação do crescimento das firmas e, devido a isso, constatamos que a “demanda” não é o mais importante, e talvez seja menos importante do que os recursos existentes da firma. (PENROSE, 1959/2006, p.141-142)

A habilidade de lidar com as mudanças no seu entorno, de se adaptar e mesmo de se renovar, não dependem, de acordo as relações apontadas por Penrose (1959/2006), da demanda dos produtos que a firma produz, mas sim da habilidade da empresa de lidar com os recursos produtivos, material e humano, que ela já possui. Isso significa que mesmo que a demanda por um produto caia, se a firma tiver a habilidade suficiente para reconhecer o potencial dos recursos que possui, ela pode encontrar alternativas viáveis para crescer e manter a sua competitividade, seja por meio da diversificação ou mudança na estratégia adotada. O interessante destes apontamentos feito pela autora é que a firma como uma organização que possui recursos flexíveis e diversos, pode desenvolver habilidades que possibilitam a criação, a manutenção e a transformação da capacidade inovação, libertando a empresa dos mecanismos de preço e as pressões da demanda de longo prazo.

O comportamento das firmas e as suas capacidades são analisadas no tópico seguinte, assim como uma definição do conceito de conhecimento para as análises das organizações. As questões apresentadas neste tópico são abordadas com uma roupagem diferente, ou seja, algumas características como conhecimento tecnológico, a firma e as relações dinâmicas que

são estabelecidas em um ambiente inovador se fazem presentes. Sendo assim, cabe destacar que o conhecimento em termos de organização produtiva e da inovação tecnológica pode ser entendido e diferenciado no âmbito da sua reprodução e assimilação como ferramentas para ampliar o poder de ação das firmas. No entanto, alguns estudos associam o conceito de informação como sendo sinônimo do conceito de conhecimento, para esclarecer tais diferenças o tópico seguinte discorre sobre esta temática.

2.3 A FIRMA NEO-SCHUMPETERIANA

Nas explicações acima, concentradas na análise penrosiana, as analogias biológicas são estruturadas de modo que as firmas, como um organismo, podem e sofrem mudanças ao longo do tempo. Outro aspecto da firma é o seu entendimento como uma instituição, o que reforça, ainda mais, os argumentos de que a capacidade das organizações se desenvolvem ao longo do tempo. Primeiro, isto ocorre devido às condições internas alicerçadas nas firmas, depois, decorrem das relações estabelecidas com o meio na qual habitam. Estas relações e construções teóricas podem ser ligadas com as pesquisas mais recentes que entendem a firma como um organismo que evolui, que pode aumentar as habilidades e por consequência transformar as suas características por meio de mutação, semelhante aos processos biológicos.

Na análise neoclássica convencional a otimização das firmas está restrita às condições de mercado, que por sua vez, também condicionam quais tecnologias elas adotam, mesmo que esta variável seja exógena ao modelo. No entanto, para compreender o processo de inovação das firmas com argumentos microeconomicamente fundamentados, exige-se o esforço de entender as relações que envolvem a indústria e as suas bases institucionais, assim como reconhecer que existem diferentes estruturas de mercado que estabelecem custos heterogêneos para as empresas que investem em inovação (LAZONICK, 2001).

Existem outras propostas de análise, além da obra de Penrose (1959/2006), que focam a inovação e do desenvolvimento tecnológico ao nível das firmas como processos que influenciam o seu comportamento e as relações de mercado. Dosi (1982) propõe que existem pontos de inflexão entre as firmas e o mercado, que coordenam as decisões de investimento em P&D. Estes pontos são compreendidos como ciclos de atualizações constantes de promessas científicas, que buscam, através de modelos e de padrões a resolução de problemas produtivos selecionados (paradigma tecnológico). Tais padrões são constituídos através de movimentos multidimensionais dos “*trade-offs*” (custo/benefício), que direcionam as escolhas das soluções tecnológicas mais viáveis dentro de um contexto econômico (trajetória tecnológica).

Já Teece, Pisano e Shuen (1997) entendem que pela tecnologia ser um acúmulo de conhecimentos, as diferenças das firmas serão estabelecidas não apenas como o resultado das relações marginais dos custos. Os autores consideram que, dado as relações de mercado para empresas inovadoras, pode ocorrer ou não trocas de conhecimentos tecnológicos no ambiente em que atuam, logo, as diferenças entre as organizações advém também de um conjunto de fatores envolvendo a capacidade em se apropriar de conhecimentos tácitos, do desenvolvimento das habilidades gerenciais, da organização e estrutura dos setores produtivos. Como a tecnologia não “cai do céu”, um dos pressupostos para tal análise, é de uma relação *path dependence* no desenvolvimento das habilidades e estratégias das firmas que vão determinar de certa forma a sua capacidade dinâmica ao longo do tempo. Pode-se dizer, que as estratégias de diferenciação de produtos, propaganda e esforço de vendas também são incluídas neste contexto, pois as firmas querem ter a capacidade de definir ou manipular o cenário no qual atuam para obter, desta forma, lucros maiores.

2.3.1 O modelo evolucionário

A construção dos argumentos de Nelson e Winter (1982/2005), ao descreverem *Uma Teoria Evolucionária da Mudança Econômica*, é feita a partir de ideias básicas da biologia. Tal inspiração pode ser vista no conceito do termo evolucionário, que para os autores corresponde ao processo semelhante ao biológico para as firmas no sentido de seleção “natural” que promove mutações na “genética organizacional”, que ao longo prazo faz com que sobrevivam as firmas que possuam as melhores habilidades de gerar produtos e auferir lucros.

O constructo teórico evolucionário busca inspiração de diversas fontes, a principal, em termos de teoria econômica é a schumpeteriana, se apoiando nas percepções de rompimento do fluxo circular da economia através das inovações. Outras influências que podem ser percebidas nas analogias e conceitos que os autores enfatizam, são as biológicas, que fazem referência já na nomenclatura para evolução das firmas. Ainda em termos biológicos encontramos as relações entre comportamento, hábito e memórias, que podem ser comparados aos processos de aprendizado humano para a resolução de problemas, semelhante as relações que acontecem no cérebro dos indivíduos para adquirir e manter certas habilidades. Mas os autores incorporam, também, analogias do mundo da informática, como os termos de programação, rotina e heurística⁶, este último, como um método para a resolução

⁶ Para uma melhor compreensão sobre a heurística no processo de resolução aproximada de problemas ver *Elements of a theory of human problem solving* (Newell; Shaw; Simon, 1958), onde as relações entre psicologia, memória, processos de decisão e computação são relacionados com o método heurístico.

aproximativa de problemas⁷, que dentre as diferentes aplicações é utilizada na lógica de programação de sistemas computacionais.

Decorrem dessas analogias algumas implicações metodológicas que foram adotadas, dentre elas, uma tentativa de explicar o processo econômico desde o indivíduo com suas habilidades e repertórios, passando pelas organizações e suas rotinas, chegando até a questões sistêmicas de crescimento e desenvolvimento econômico. Isso ocorre em decorrência da tentativa de construção teórica que concorra com a teoria neoclássica vigente, propondo um comportamento de racionalidade limitada, onde as instituições são relevantes nas tomadas de decisões econômicas e a inovação tecnológica faz parte de todas as atividades econômicas que rompem com as análises estáticas. O modelo de firma evolucionária também é pautado por padrões comportamentais que podem ser identificados e previstos, estes padrões são definidos como rotinas e assumem a função dos “genes” na transmissão de características comportamentais, boas ou ruins, ao longo do tempo, análogo aos estudos genéticos na teoria evolucionária nas ciências biológicas.

A qualquer tempo, as rotinas de uma firma definem uma lista de funções que determinam (talvez estocasticamente) o que ela faz em razão de diversas variáveis externas (principalmente as condições de mercado) e de variáveis de estado internas (por exemplo, o estoque de maquinário em poder da firma, ou a taxa média de lucro auferida por ela em períodos recentes). Dentre essas funções assim definidas, pode haver uma que relacione os insumos necessários para o produto gerado (refletindo a técnica da firma), uma que relacione esse produto às condições de mercado (a curva de oferta da teoria ortodoxa), e uma que relacione as proporções dos insumos variáveis aos seus preços e a outras variáveis. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.35-36)

O modelo evolucionário, ao contrário da teoria do crescimento penrosiana, utiliza alguns mecanismos adotados pela teoria da firma neoclássica, como preços de mercado e leis de oferta e demanda por recursos produtivos. No caso dos preços, o modelo os usa para gerar *feedback* do processo evolucionário, que servem para busca e seleção ao longo do tempo de regras e rotinas que produzam lucros maiores. Além disso, trabalha com relações estocásticas ou probabilísticas de algumas variáveis para o estabelecimento de algumas regras comportamentais das organizações, que podem ser traduzidas como um processo de Markov⁸, pois os genes transmitem de um período para o outro as relações mais eficientes em termos de organização para um dado ramo de atividade produtiva.

7 NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Uma teoria evolucionária da mudança econômica. Editora Unicamp, 2005, p. 200-201.

8 Se adicionarmos a importante condição de que a situação do ramo de atividades em períodos anteriores ao período t não tem influência sobre as probabilidades de transição entre t e $t+1$, teremos suposto precisamente que as variações da situação do ramo ao longo do tempo – ou seu “estado” – são um processo markoviano. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.40)

Num nível abstrato, este esquema de modelagem tem uma generalidade enorme. Podemos pensar num “estado de firma” englobando descrições do estado físico (fábrica e equipamento), de seu estado de informação (conteúdo das gavetas dos arquivos e memórias humanas), de características operacionais, regras de investimento (afetando as transições de estados de informação) e regras de busca (afetando as transições das características operacionais, as regras de registro e as regras de busca). Todas essas descrições podem, em princípio, ser muito detalhadas. Podemos pensar numa descrição do “estado de um ramo de atividades” que envolva a lista de todas as descrições de estado da firma, para todas as firmas existentes e também para as firmas potenciais ou as desaparecidas, junto com uma lista de variáveis ambientais que podem ser determinadas como funções dadas do tempo e/ou como funções do estado da firma. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.41)

Ao se estabelecer um modelo dinâmico que visa ser generalista para certas situações e estados de arte, pode-se incorrer das mesmas dificuldades de contextualização dos fenômenos econômicos quando são abordados por modelos estáticos, forçando modelagens complexas por meio de métodos matemáticos avançados, mas que pouco, ou quase não, se adéquam às situações cotidianas. No do problema dissertativo aqui proposto, de capacidade de absorção de conhecimentos tecnológicos, algumas modelagens que utilizaram como base a probabilidade do fenômeno se mostraram limitados, em especial, quanto a sua abrangência conceitual e de aplicação, pois os conceitos de conhecimento, capacidades e absorção podem ter graus de variação difusa, que quando aplicado em análises reais, se apresenta de forma nebulosa, como uma lógica fuzzy e não como uma relação simples e binária.

Por outro lado, na teoria evolucionária o conhecimento técnico não é percebido como uma regra simples, ou seja, não é uma informação que está no ar pronta para ser capturada pelas firmas de forma gratuita. Pois no modelo evolucionário os “genes” que determinam o comportamento da firma são um conjunto de habilidades que foram aprendidas e exercitadas ao longo do tempo de forma particular, ou seja, mesmo que as informações estejam disponíveis para as organizações, isso não significa que a sua decodificação, assimilação e uso de forma habilidosa será automática. Pois para o modelo evolucionário o uso das informações e do conhecimento técnico depende dos genes “herdados” de um processo anterior que possibilite uma reprogramação das habilidades correntes e futuras, como ocorre numa cadeia de Markov⁹.

9 Nicholson (2006) descreve uma cadeia de Markov como sendo um sistema que evolui mediante uma série de estágios (temporal) e cada um dos estágios deve estar em um de um número finito de estados (condição). Para analisar a cadeia de Markov, as condições probabilísticas para a transição de um estado/estágio de tempo para o outro devem ser conhecidas. Como a cadeia de Markov é uma ferramenta de cálculo de aproximação de estágios, um vetor de probabilidades pode se aproximar de um estado estacionário caso seja uma cadeia regular e alguma das probabilidades das matrizes de transição tenha todos os elementos positivos.

Reconhecer que fluxos gratuitos de informação entre as empresas são fenômenos importantes é renunciar às economias intelectuais proporcionadas por essa estrutura decomponível. Mas também equivale a encarar a realidade. A discussão sobre os limites indefinidos do conhecimento de uma firma tocou brevemente em algumas das maneiras mais óbvias pelas quais as firmas podem aumentar seu próprio conhecimento, apelando para o entorno – para seu ramo de atividades ou para a sociedade de modo mais amplo. As informações sobre as atividades e os métodos de outras firmas podem ser obtidas de várias maneiras – comprando e estudando seus produtos; contratando seus empregados tecnicamente especializados, lendo relatórios de suas atividades em jornais especializados, relatórios de analistas financeiros e documentos requeridos por agências governamentais; contratando consultores que também trabalham com outras firmas do ramo industrial; lendo cópias de suas patentes ou publicações de seus cientistas pesquisadores; pela compra aberta ou troca; por esquemas fechados de espionagem industrial. Nenhum desses métodos é tão eficaz a ponto de tornar plausível supor que qualquer coisa que seja do conhecimento de uma firma é conhecida de todos. Nenhum é tão caro ou ineficiente a ponto de justificar o pressuposto de que cada firma é uma ilha de conhecimento tecnológico, completa em si mesma. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.104-105)

O conhecimento de uma nova tecnologia nem sempre pode ser absorvido facilmente, mesmo que ele esteja disponível pelos meios e métodos acima mencionados, pois decodificar as informações contidas nas práticas que se tem acesso não implica obter as habilidades necessárias para a reprodução das mesmas técnicas. Parte do conhecimento que as organizações produzem estão contidos em rotinas que não podem ser replicadas, já que se encontram na forma de experiência ou de conhecimento tácito. Um empresário experiente que conduz uma firma e que objetiva ter lucro, exerce habilidades complexas que são pessoais mesmo que a sua ação convirja para um ponto comum aos outros homens de negócio, ter lucros. No entanto, os meios pelo qual cada um alcança esse objetivo, se alcançar, não serão os mesmos, pois as firmas no modelo evolucionário não são iguais e, portanto, as situações e experiências dos seus gestores também não.

Na constituição do modelo evolucionário de Nelson e Winter (1982/2005) as habilidades possuem um caráter de filtro das ações dos indivíduos, pois parte do conceito de que as ações são feitas de modo quase que intuitiva e que precisam manter certa regularidade e eficiência. No entanto, nos atos habilidosos estão incorporados condições e escolhas pré-programadas que determinam a capacidade de ação, tanto dos indivíduos, quanto das organizações. A eficiência da habilidade dependerá do contexto no qual as ações são executadas, dentre eles, o ambiente social, pois dependendo das regras e rotinas estabelecidas no entorno, as melhores práticas podem não ser alcançadas.

Quanto às rotinas no ambiente da firma, elas podem dentre outras coisas coordenar os indivíduos e as suas habilidades, desempenhando o papel de mediar os conflitos de interesses

que são provenientes das organizações que possuem no seu interior uma gama de habilidades produtivas. É por meio de rotinas que as práticas mais adequadas e os conhecimentos mais eficientes para uma dada situação são gravados e mantidos na memória organizacional, equilibrando as atividades, o desempenho e o repertório executado na produção. O comportamento rotineiro permite que as ações sejam assimiladas de forma mais fácil e coordenadas, mas existem situações que fogem às questões corriqueiras e novos *scripts* precisam ser escritos para reprogramar as rotinas e a produção, pois o ambiente externo das firmas muda com frequência, novas tecnologias surgem e a competição se acirra (NELSON; WINTER, 1982/2005).

Nesse sentido, nas situações em que as mudanças são constantes, como em ambientes inovadores, as novas rotinas precisam evoluir com mais rapidez e dinamismo, seja por meio da incorporação de novas habilidades e repertórios, ou ampliando a capacidade de absorver novos conhecimentos. Estes novos repertórios podem vir do ambiente externo ou do interno, isso, vai depender de como a organização pretende reprogramar ou criar programações das suas rotinas e das habilidades dos seus recursos humanos, destacado na teoria penrosiana. Como as organizações são instituições que buscam a sua sobrevivência em um ambiente mutável, o seu intercâmbio com o entorno é muito importante para as suas próprias mutações e transformações, pois:

Mesmo suas máquinas mais duráveis e suas mãos mais antigas sofrem alterações com a passagem do tempo e mediante o processo organizacional em si, vindo em última análise a ser substituídas. Num período de tempo bem menor, insumos dos mais variados tipos fluem para dentro e produtos fluem para fora. A rotina da organização, considerada abstratamente como “modo de fazer as coisas”, é uma ordem que só pode persistir se for imposta a um conjunto específico de recursos em contínua mutação. Uma parcela dessa tarefa de impor a ordem da rotina aos novos recursos é executada em sim mesma rotineiramente; outra parcela é realizada por meio de esforços solucionadores de problemas ad hoc. Tanto a parcela rotineira quanto a ad hoc podem não ser bem-sucedidas se o ambiente não cooperar – por exemplo, se não for capaz de fornecer, nos termos habituais, os recursos necessários. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.172)

Nelson e Winter (1982/2005) ao propor um novo sistema de análise, através da modelagem por meio da cadeia de Markov, impõem um certo limite de análise das organizações do ponto de vista evolucionário. Essa limitação ocorre pois o tamanho das organizações é um fator relevante para o modelo, já que as firmas mais complexas e grandes são as únicas que teoricamente se adéquam, o que deixa de fora as pequenas empresas e menos complexas. No entanto, estas últimas são em diversas economias a camada de organizações na qual surgem diferentes processos inovativos, que de outra forma poderia não

ocorrer, como no caso de empresas complexas e grandes que não conseguem perceber novas oportunidades devido à rigidez das suas rotinas e da inabilidade para absorver novos conhecimentos tecnológicos. Para Nelson e Winter (1982/2005) existem uma diversidade de organizações, cujo os modelos teóricos e conceitos não podem ser aplicados de modo uniforme, ou mesmo útil, isso significa que, na concepção dos autores:

Os tipos de organizações que temos em mente são, em primeiro lugar, organizações comprometidas com o fornecimento de bens e serviços para alguma clientela externa, e que têm ao menos um vago critério sobre o que é ir bem ou mal. Em segundo lugar, uma vez que a “rotina” é um conceito-chave no nosso arcabouço teórico, este se aplica com bastante naturalidade a organizações comprometidas com o fornecimento de bens e serviços que se mantêm visivelmente “os mesmos” ao longo de extensos períodos – produzindo ferramentas manuais, ensinando em nível intermediário, e assim por diante – e para as quais as rotinas bem definidas estruturam uma grande parte do funcionamento da organização a qualquer momento. Em terceiro lugar, essa discussão diz respeito principalmente a organização que são “grandes e complexas”. O papel dessa restrição é simplesmente o de manter o foco nos fenômenos que são tipicamente organizacionais. As organizações que imaginamos são as que enfrentam sérios problemas de coordenação, tipicamente decorrentes de terem muitos membros, desempenhando funções muito distintas, que contribuem de forma complementar para a produção de uma série relativamente pequena de bens e serviços. Em tais organizações, a maior parte do trabalho interativo de um grande número de membros ocorre principalmente com outros membros mais do que com o ambiente. Além disso, enquanto as organizações que descrevemos são do tipo das que possuem uma administração superior que se preocupa com a direção-geral da organização, supomos que a escala e a complexidade da organização torna impossível que essa administração dirija ou observe muitos detalhes do funcionamento da organização. (NELSON; WINTER, 1982/2005, p.150-151)

Esse tipo de abordagem contrasta com a penrosiana, onde as firmas de diferentes tamanhos são consideradas para a análise dentro de um contexto “evolutivo” das organizações e do seu crescimento ao longo do tempo. Quando se analisa apenas as empresas maiores, partindo-se da ideia de que elas são mais complexas e, por isso, merecem a atenção dos economistas, em especial, para explicar as dinâmicas econômicas em um ambiente evolucionário, uma parcela considerável de informações, fatos e relações causais para explicar os problemas do crescimento da firma, de capacidade de inovação e do seu desenvolvimento podem ser perdidas, pois as pequenas e médias empresas também são importantes fontes de inspiração para a inovação tecnológica.

No entanto, no modelo evolucionário a confluência de soluções criativas é estabelecida pelas rotinas internas, o que possibilita a firma inovar através do método de tentativa e erro, estabelecer um comportamento organizacional ao longo do tempo que crie memória das soluções mais eficientes, objetivando delinear as suas estratégias de mercado

mais lucrativas. Isso ocorre, mesmo que alguma parcela do comportamento das empresas seja derivado de “sofisticados métodos otimizadores”, pois, outra parcela de suas rotinas é determinada por uma “inspiração criativa da resolução de problemas”. Essa parcela criativa, segundo Nelson e Winter (1982/2005), não está restrita ao indivíduo empreendedor, pois existem dentro das firmas diversas rotinas e memórias que podem ser re combinadas para gerar inovações tecnológicas ou novos processos de produção.

2.3.2 O modelo de capacidades dinâmicas

O modelo evolucionário proposto por Nelson e Winter (1982/2005) elencou diversos aspectos que influenciam na constituição da firma em termos dinâmicos. Dentre eles, os conjuntos de conhecimentos que podem ser revertido em rotinas produtivas, ou seja, no “modo de fazer as coisas”. Alguns conhecimentos que são exclusivos do modo de fazer de uma firma, que são tácitos, não podem ser facilmente transmitidos, comercializados e copiados por outras empresas. Esses ativos que são, de certa forma, “exclusivos” de cada firma fazem com que elas possuam vantagens competitivas dependendo do uso, da qualidade e da dificuldade de imitação desses ativos.

Portfólios de ativos idiossincráticos fornecem vantagens competitivas que servem de armas para enfrentar a concorrência em ambientes com rápida transformação e abertos à competição global. Nesses ambientes a competição por meio de inovações tecnológicas, de produtos e processos, faz com que as empresas precisem estar habilitadas as mudanças que podem surgir a todo instante. Novas soluções para questões comerciais, de modelos de negócio entre outras, que influenciam na manutenção das vantagens competitivas e na dificuldade de replicar algum modelo inovador de negócio, tais características compõem as habilidades requeridas pelas firmas que competem por meio de capacidades dinâmicas (TEECE, 2009).

O modelo de capacidades dinâmicas possui características evolucionárias, fazendo uma explanação voltada para a firma e as suas capacidades em termos competitivos. Este modelo também elenca as habilidades e conjuntos de conhecimentos voltados para a produção que as firmas desenvolvem ao longo do tempo como um dos pontos relevantes para explicar o seu comportamento e as relações que são constituídas no mercado pelas organizações, entendendo as empresas como seres orgânicos, que não apenas são maximizadores de funções de produção, como enfatizado em Penrose (1959/2006) e Nelson e Winter (1982/2005). Pois as variáveis tecnológicas e o aprendizado são tidos como diferenciais, que além de impulsionar as empresas, podem criar situações de vantagens para as organizações. As

capacidades no sentido dinâmico pode ser entendida como um meio para criar, ampliar, proteger e manter a base de ativos das empresas. Ela pode ser desagregada em:

Capacidade (1) para detectar e dar forma as oportunidades e ameaças, (2) para aproveitar oportunidades, e (3) para manter a competitividade através do aprimoramento, combinando, protegendo e, quando necessário, reconfigurando os ativos intangíveis e tangíveis das empresas. As capacidades dinâmicas das empresas, incluem ainda, as capacidades difíceis de se replicar requeridas para se adaptar, para mudanças de oportunidades de clientes e de tecnologias. Incorporando também a capacidade das empresas em moldar o ecossistema que ocupam, no desenvolvimento de novos produtos e processos, e na concepção e implementação de modelos viáveis de negócios. (TEECE, 2009, p.4)¹⁰

A ambição das capacidades dinâmicas, segundo Teece (2009), é explicar ao nível da firma as vantagens competitivas ao longo do tempo, além de produzir um guia para os gestores evitarem as condições de lucro zero. Segundo o autor, a condição de lucro zero é típica de ambiente com firmas homogêneas e em condições de perfeita concorrência, mas que são situações abstraídas da realidade. No ecossistema para investigar as relações dinâmicas, a firma se encontra em uma economia aberta ao comércio internacional e totalmente exposta às oportunidades e ameaças associadas às mudanças tecnológicas de outras regiões. Isso significa, que as empresas não estão competindo em ambientes protegidos geograficamente e estão sujeitas ao desenvolvimento tecnológico e inovativo de outros lugares, o que pode elevar o nível de competição tecnológico por um lado. Mas que por outro, tende a criar oportunidades de acesso, quando for o caso, a tecnologias e processos inovativos, além dos novos mercados.

Nesse sentido, o sucesso de uma empresa estaria condicionado às suas habilidades de lidar com as mudanças e, não só, com a sua capacidade de otimizar ou maximizar as suas funções de produção e ativos já consolidados. Além disso, a firma precisa ser capaz, do ponto de vista dinâmico, de lidar com mudanças rápidas nos conhecimentos tecnológicos que, dentre outras coisas, envolve a capacidade da organização para descobrir e desenvolver oportunidades de negócios, de proteger a propriedade intelectual desenvolvida internamente e/ou por parceiros, boas práticas de negócios e integração interna eficiente das tecnologias, para que possa, de alguma forma, estabelecer as novas “regras do jogo” competitivo (TEECE, 2009).

Como para desenvolver as capacidades dinâmicas as empresas precisam mais do que se adaptar às condições externas, elas devem desenvolver habilidades para moldar as condições de negócios, de acordo com as suas percepções e orientações técnicas, a fim de

10 Tradução livre.

manter vantagens frente aos demais concorrentes. Teece (2009) destaca que as organizações devem ser capazes de detectar novas oportunidades, para então, transformá-las em conhecimentos que sejam produtivos úteis na criação, aprendizado e interpretação de outras oportunidades. Como já destacado por Penrose (1959/2006), Nelson e Winter (1982/2005), as empresas são heterogêneas e possuem diferentes acessos às informações, logo, elas possuem diferentes oportunidades de criação e aprendizado, o que implica, habilidades distintas no reconhecimento de novas oportunidades.

Além disso, para aproveitar uma dada capacidade de identificação de uma oportunidade as organizações precisam enfrentar outras barreiras que fogem, por vezes, ao seu poder de influência. Barreiras éticas, sociais, regulações setoriais e leis podem restringir as ações das firmas, mesmo que elas estejam capacitadas para aproveitar uma oportunidade. Teece (2009) enfatiza que, a modelagem das regras do jogo é, portanto, o resultado da coevolução e uma complexa interação entre o que poderia ser pensado entre os participantes do ecossistema de negócios. Em outras palavras, uma interação e coevolução das instituições que podem influenciar na constituição das regras do jogo. Outro passo para se estabelecer as regras depende das atividades de pesquisa da firma para detectar as oportunidades no seu entorno.

Com respeito às tecnologias, a atividade de P&D pode, ela mesma, ser considerada como uma forma de “pesquisa” para novos produtos e processos. No entanto, o P&D também costuma ser uma manifestação de pesquisa “local”. A pesquisa “local” costuma ser apenas um dos componentes relevantes de pesquisa. Em ambientes com rápidas mudanças, com porcentagem alta de novos produtos sendo introduzidos por fontes externas, pesquisa/exploração de atividades não deve ser apenas local. As empresas devem pesquisar o núcleo, bem como a periferia do seu ecossistema de negócios. A busca deve envolver potenciais colaboradores – clientes, fornecedores, complementares – que são ativos nas atividades inovadoras. (TEECE, 2009, p.13)¹¹

A busca por informações relevantes são indispensáveis para as empresas, segundo o modelo de capacidades dinâmicas, pois é através delas que se detectam os possíveis parceiros para o desenvolvimento tecnológico e de novas habilidades que, resultem em propostas de negócios. Isso implica dizer que neste ecossistema o conhecimento tecnológico não está contido apenas dentro das firmas, na sua forma explícita ou tácita, mas pode ser encontrado e desenvolvido por outros agentes. Dentre as fontes possíveis de inspiração para criar e planejar modelos de negócios estão os clientes, fornecedores e instituições parceiras, que participam em paralelo de buscas tecnológicas ou de solução de problemas que possam ser incorporados

11 Tradução livre.

ou ser base para uma reformulação do modelo. Nos casos em que os efeitos de rede, de dependência da trajetória, da coevolução das tecnologias e instituições são significantes, Teece (2009), entende que o quadro das cinco forças de Michael Porter¹² é limitado, pois:

Em regimes de rápidas mudanças tecnológicas com mercados bem desenvolvidos de bens e serviços (e mercado de *know-how* mal desenvolvido), a estrutura das cinco forças é comprometido porque possui uma apreciação insuficiente (a) para a importância da natureza da inovação e de outros fatores que alteram as “regras do jogo”, (b) por fatores internos aos negócios das empresas que restringem as suas escolhas, (c) por fatores que influenciam as questões relacionadas a imitação e apropriabilidade, (d) pelo papel dado às instituições de apoio, aos ativos complementares, a co-especialização e a rede de externalidades, ou (e) para a natureza nebulosa dos limites da indústria. (TEECE, 2009, p.15-16)¹³

As instituições e autoridades que dão suporte aos processos de inovação são, neste sentido, componentes importantes, pois, podem auxiliar no processo de busca de ativos, que em tese, pode auxiliar as firmas no processo para aproveitar as oportunidades tecnológicas. Tendo as instituições como parceiras, as empresas podem ampliar o seu poder de detecção de oportunidades, garantindo assim, as vantagens que as capacidades dinâmicas possam proporcionar no ecossistema de negócios. Mas uma vez detectada, uma nova oportunidade (tecnológica ou de mercado) deve ser direcionada para novos produtos, processo ou serviços. Pois para Teece (2009), isso significa que a empresa deve estar preparada para sair na frente dos concorrentes e despende quantias consideráveis criando redes de ativos complementares e externalidades positivas com a consolidação dessas redes, para que assim, elas possam ser percebidas pelos clientes em potencial. A capacidade de aproveitar tais externalidades e o pioneirismo da firma determinará, em partes, como o modelo de negócio e seu ecossistema será aceito não só pelos clientes, mas também pelos seus parceiros comerciais.

A compreensão dos problemas de desenho institucional/organizacional geralmente é mais limitada do que a compreensão das próprias tecnologias. Esta ignorância proporciona uma margem considerável para erros em torno do desenho adequado dos modelos de negócios e das estruturas institucionais necessárias para apoiar a inovação nos setores público e privado. (TEECE, 2009, p.19)¹⁴

Essa inadequação no entendimento das instituições e por consequências da própria organização da indústria, pode amplificar os riscos no investimento que uma oportunidade requer para ser adequadamente aproveitada no desenho de um novo modelo de negócio. Estes

12 A competitividade depende de cinco forças, que incluem: (1) as ameaças de novos entrantes, (2) o poder de negociação dos fornecedores e (3) dos compradores, (4) as ameaças de serviços substitutos e (5) a rivalidade entre as empresas existentes. O conjunto dessas forças determinam o potencial de lucro na indústria, que são mensurados em termos de retorno do investimento em capital de longo prazo. (PORTER, 2008, p.3-4)

13 Tradução livre.

14 Tradução livre.

riscos também refletem a inabilidade dos investidores em lidar com empresas baseadas em conhecimento ou de considerar nos seus modelos as relações institucionais. Mas ser pioneiro e investir em negócios que dependam do desenvolvimento de valores intangíveis e de novos conhecimentos tecnológicos envolve riscos diferentes de outros ambientes que devem ser considerados.

Os investimentos em ecossistemas co-especializados têm destaque no modelo de capacidades dinâmicas devido às implicações de tal processo no desenvolvimento de modelos de negócios distintos dos habituais. No geral, os modelos convencionais são pautados por economias de escala e escopo, como pode ser percebido no modelo de organização industrial marshalliano. Nos casos de novos negócios e modelos de produção não basta usar as ferramentas “clássicas” para competir por preço, pois as empresas precisam fornecer aos consumidores novos valores, informações e sensações, que são mais relevantes que o preço em si, dependendo da situação. Neste sentido, a posse de um produto inovador confere aos consumidores serviços distintos que despertam valorações divergentes e instável, um certo status momentâneo que precisaria ser sempre renovado. Penrose (1959/2006, p.172) chamou este fenômeno de “uma obsessão quase compulsiva de busca do que é novo”. Tais características, apontadas no modelo de capacidades dinâmicas, faz com que a venda dos novos produtos sejam convertidas em lucros maiores. Nesse sentido, para ter sucesso, os novos modelos de negócio:

Abrangem (1) as tecnologias e recursos que devem ser incorporados nos produtos e nos serviços; (2) a estrutura de receita e custo de uma empresa que deve ser “projetada” e, se necessário, “redesenhada” para atender às necessidades dos clientes; (3) a forma como as tecnologias devem ser montadas; (4) a identidade dos segmentos de mercado a serem alvo; e (5) os mecanismos e a maneira pela qual o valor deve ser capturado. [...] Descrevem os contornos das soluções necessárias para se obter lucro, se um lucro estiver disponível para ser ganho. E uma vez adotado, define a forma como a empresa “vai ao mercado”. [...] O sucesso exige que os modelos de negócios sejam criados de forma astuta. Caso contrário, a inovação tecnológica não resultará em sucesso comercial para a empresa inovadora. [...] Selecionar, ajustar e/ou melhorar um modelo de negócio é uma arte complexa. (TEECE, 2009, p.24)¹⁵

A co-especialização envolve redes de influências que a organização consegue estabelecer no desenvolvimento de um produto inovador, ou de um novo modelo de negócio. Caso a rede seja consolidada de forma eficiente pode ocorrer o processo de “*lock-in*”¹⁶ da

¹⁵ Tradução livre.

¹⁶ O termo é utilizado geralmente para caracterizar o processo tecnológico de consolidação de um padrão tecnológico em detrimento aos demais. Para Heller (2006, p.266) a inflexibilidade da tecnologia que eventualmente se torna dominante pode fazer com que o mercado fique preso (*locked-in*) a ela, enquanto a não-repetibilidade (não-ergodicidade) dos eventos históricos – mesmo os pequenos – que a levaram a esta posição

tecnologia envolvida. Nos casos em que a rede de influência inovativa tenha como o objetivo o desenvolvimento de inovações tecnológicas, os investimentos em P&D e os riscos de aplicação de ativos em novos produtos podem ser reduzidos, pois os componentes desenvolvidos em conjunto com os parceiros, são por vezes, exclusivos da empresa que coordena a rede e que desenvolve o produto final.

Mas para aproveitar todo o potencial do processo de detecção e consolidação de redes co-especializadas no desenvolvimento de inovações tecnológicas as firmas precisam aproveitar as oportunidades que são encontradas. Neste caso, Teece (2009) entende que os empresários precisam fazer julgamentos não viesados em condições de incertezas, como nas decisões de investimentos em ativos intangíveis. Sendo assim, as estratégias gerenciais nas decisões de investimento e de criação de novos valores serão imprescindíveis na composição do aprendizado produtivo das organizações. A capacidade da empresa em criar as rotinas adequadas para os novos modelos de negócios e as estruturas necessárias para a co-especialização e valoração das inovações decorrentes determinaram a sua capacidade dinâmica, que deve culminar na codificação dos seus produtos e processo para que dificulte a sua cópia e imitação. No entanto, o desenvolvimento de um novo modelo requer mais que habilidades e rotinas bem estabelecidas, será preciso criatividade, ideias, compreensão dos consumidores e concorrentes. Esses processos são carregados de conhecimentos tácitos por isso:

Desenvolver um bom modelo de negócios é em parte “arte”. No entanto, as chances de sucesso são maiores se as empresas (1) analisarem múltiplas alternativas, (2) tiverem um entendimento profundo das necessidades dos usuários, (3) analisarem a cadeia de valor de forma a compreender como entregar o que o cliente quer, de uma forma menos custosa e no menor tempo, e (4) adotar uma neutralidade ou perspectiva de eficiência relativa para as decisões de terceiros. (TEECE, 2009, p. 26)¹⁷

À medida que a empresa consolida o seu modelo de negócio e começa a crescer, começa a ser traçada a sua evolução no tempo, algumas rotinas são consolidadas e o conhecimento tácito prevalece em algumas situações. No entanto, na medida em que as especializações e divisão do trabalho vão se fazendo presentes, a firma começa a se burocratizar e criar hierarquias, com o topo hierárquico tomando as decisões estratégicas com relação ao negócio. Isso, por vezes, pode significar, segundo Teece (2009), o afastamento dos empresários dos clientes e dos parceiros mais próximos que ajudam a desenvolver o conjunto de ativos intangíveis. Para que tais fatos não sejam o calcanhar de Aquiles das firmas, Teece

impede que estes eventos sejam anulados ou esquecidos.

17 Tradução livre.

(2009) sugere que as organizações desenvolvam as suas capacidades de reconfiguração e reestruturação, mesmo que as rotinas não sejam de fácil modificação. Para o autor, uma estrutura centralizada com as decisões tomadas no topo tende a enfraquecer e se distanciar da realidade dos mercados. Por isso, o processo de descentralização faz com que o empresário se aproxime mais das novas tecnologias, dos clientes e dos mercados, o que pode aumentar a capacidade de reconfiguração do modelo de negócio.

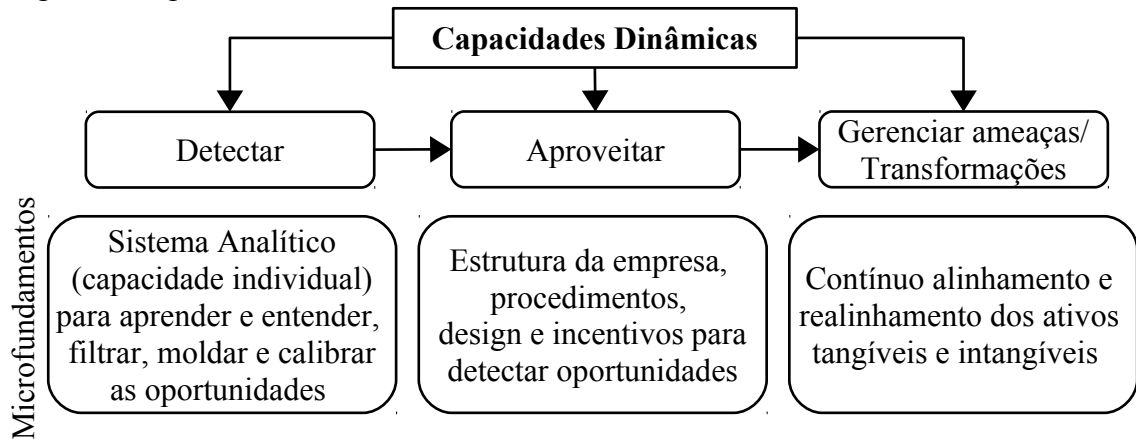
Seguindo uma linha neo-schumpeteriana, Teece (2009) entende que o núcleo teórico das capacidades dinâmicas é o processo de evolução das habilidades organizacionais que impactam na gestão dos novos negócios, principalmente das firmas que estão em ambientes com rápidas mudanças tecnológicas. Para o autor, o modelo de capacidades dinâmicas está em parte incorporando ao espírito teórico evolucionário, mas não estabelece as mesmas preocupações, pois busca entender as mudanças internas das firmas que ampliam as suas capacidades para desenvolver novos produtos ou processos produtivos. Apesar de ter o foco da sua lente teórica voltado para outras explicações com relação à firma, um outro ponto em comum, com Penrose (1959/2006) e Nelson Winter (1982/2005) é considerar que as empresas podem ser estudadas por meio de analogias aos organismos biológicos, desenvolvendo habilidades produtivas e conhecimentos para poder transformar, reconfigurar, detectar e apreender novas capacidades para manter alguma vantagem competitiva.

As capacidades dinâmicas podem ser resumidas de acordo com a Figura 1, através das capacidades das firmas em detectar e aproveitar oportunidades tecnológicas para o desenvolvimento de novos negócios, aprender com o desenvolvimento desses processos, estabelecendo competências para gerenciar as possíveis ameaças do ambiente concorrencial e, se for o caso, conseguir reconfigurar e transformar as suas capacidades produtivas.

Dentre os pontos importantes para a capacidade dinâmica da organização está a habilidade de coordenação dos conhecimentos existentes internamente na firma e a estratégia para acessar os ativos que estão disponíveis no ambiente externo. Nesse sentido, as firmas podem obter do ambiente no qual atuam novos conhecimentos e ativos que sejam necessários para ampliar a sua capacidade de criar e reter informações relevantes para o desenvolvimento tecnológico. Outros pontos que são requisitos para se obter uma capacidade dinâmica é a constituição de competências ou soma de conhecimentos práticos voltadas para a criatividade,

integração e comercialização de um fluxo contínuo de inovação¹⁸ consistente com as necessidades dos clientes e as oportunidades de negócio.

Figura 1: Capacidades dinâmicas da firma.



Fonte: Adaptado pelo autor de Teece (2009).

Uma das características que as capacidades dinâmicas em Teece (2009) faz com que ele se diferencie dos demais autores, anteriormente mencionados, é que as firmas apesar de estarem sujeitas ao seu passado, elas não estão presas em uma dada trajetória. O conjunto de conhecimentos contidos em uma organização pode mudar com o tempo, isso em tese, dependerá de como as empresas detectam e aproveitam as oportunidades para poder aprender e assimilar novos conhecimentos, para transformá-los em novas possibilidades de produção. Nesse sentido, as empresas possuem a capacidade de moldar os seus futuros, claro que isso não ocorrerá com todas as empresas, mas em um ambiente onde as firmas buscam estar a frente no desenvolvimento tecnológico, elas devem estar atentas ao seu entorno e ao seu próprio ecossistema.

Segundo Teece (2009) tanto a teoria de crescimento da firma penrosiana, quanto o modelo de capacidades dinâmicas se preocupam em explicar como as firmas no longo prazo crescem e prosperam em ambientes não estáticos. Mas para o autor, a vantagem de seu modelo está no sentido de estabelecer referências para a não imitação de capacidades que as firmas desenvolvem ao longo do tempo, como de moldar, remoldar, configurar e reconfigurar a base de ativos da organização, que responde às rápidas mudanças tecnológicas e do mercado. Outro ponto, de crítica seria a falta de reconhecimento do mercado na interação e modelagem das firmas e, apesar do reconhecimento do elemento humano nas organizações,

18 Segundo Penrose (1959/2006) nos EUA, onde esse processo parece ter se desenvolvido com mais força, um tipo de “concorrência da criatividade” tornou-se a motivação dominante do padrão de concorrência em muitos ramos, cujos consumidores e produtores encontram-se envolvidos numa obsessão quase compulsiva de busca do que é “novo”. Esses fatos observados pela autora nos EUA na década de 1950, quando ela escreveu sobre o assunto, ainda hoje pode ser percebido em grande parte do mundo, principalmente quanto ao consumo de produtos eletrônicos, em especial os *smartphones* que possuem um ciclo de atualização de hardware curto, mantendo um certo fluxo contínuo de inovações.

Penrose (1959/2006) não explora as questões de desenvolvimento organizacional, como estabelecido no modelo de capacidades dinâmicas.

Um fato importante que pode ser identificado nas diferentes abordagens teóricas sobre a organização das firmas, e como elas contemplam a dinâmica de crescimento, comportamento e de eficiência dos seus recursos, é o uso de conhecimento técnico como um fator chave. Mesmo que os autores difiram quanto à importância do conhecimento organizacional, este é relacionado de diferentes maneiras como uma vantagem a ser explorado pelas organizações como um meio de obter vantagens competitivas. Nesse sentido, antes de concluir este tópico sobre a firma do ponto de vista das capacidades de absorção do conhecimento tecnológico e da firma em termos dinâmicos, é importante estabelecer algumas pontuações sobre o que vem a ser o conhecimento tácito e não tácito, que fora abordado na análise da firma acima.

2.4 CONHECIMENTO TÉCNICO NO AMBIENTE ORGANIZACIONAL

O sentido de conhecimento aqui abordado para contextualizar a capacidade de absorção de conhecimento tecnológico, assim como foi feito pelas teorias neoschumpeterianas, não é o mesmo que informação. As análises econômicas, em particular a neoclássica, consideram que o conjunto de informações está disponível livremente para ser utilizado como um bem público, um recurso produtivo homogêneo pronto para ser incorporado na função de produção da firma. Isso implica dizer que a informação é algo de fácil acesso e pode ser adquirida, interpretada e copiada por todos que desejem utilizá-la como fonte para o desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, a tecnologia é considerada como uma variável que tem pouca influência na competição das empresas e no resultado produtivo, já que, por se tratar de um bem público o qual todo possuem acesso, ela pode ser uma variável exógena do modelo.

Para a análise econômica que estuda o fenômeno da inovação, o conhecimento é um importante alicerce de conceitos e de estudos, pois é através dele que são determinados os processos de apropriação e uso de um determinado agrupamento de informações, que pode assumir a forma de um produto ou processo produtivo. Um exemplo é a propriedade intelectual, que garante ao proprietário de um certo conhecimento o direito de uso e replicação do mesmo. Neste sentido, Zucoloto afirma que na perspectiva neoclássica:

[...] o conhecimento é um bem público; inclui-se entre as falhas de mercado, não sendo provisionado de forma eficiente pelo setor privado. Como bem público, o custo marginal para um novo usuário utilizá-lo é zero; portanto, o inovador não poderá auferir lucro a partir do conhecimento por ele

produzido. A rápida difusão do conhecimento impede que o inovador se aproprie dos resultados dos esforços empreendidos, e a vantagem originalmente obtida rapidamente se dissipa. Desse modo, sob competição perfeita não haveria incentivo da parte dos agentes privados a investir na criação de novos conhecimentos produtivos (2010).

Para Cowan *et al* (2000) os economistas que tratam o conhecimento científico e tecnológico como informação seguiram os trabalhos de Arrow (1955, 1962)¹⁹ e de Nelson (1959)²⁰, onde é enfatizado que o conhecimento gerado por meio de atividades de pesquisa possuem uma certa propriedade de bem público. Foray (2004) ressalta que por um bom tempo as análises econômicas igualaram conhecimento e informação, mas na sua concepção os dois não são a mesma coisa, ou seja, o conhecimento seria algo que empodera o seu possuidor com capacidades para ações intelectuais ou físicas, enquanto a informação toma a forma estruturada e formatada de dados que são passivos e inertes até que sejam utilizadas.

Na análise da inovação e das estruturas organizacionais, são empregados duas dimensões de conhecimento, uma tácita e outra explícita. A sua forma tácita, foi introduzida por Polanyi (1966), e representa a parte do conhecimento que não pode ser descrita. Segundo o autor, “*we can know more than we can tell*”, ou seja, sabemos mais do que podemos expressar ou externalizar. Essa noção de conhecimento tácito é utilizada em contraposição ao conhecimento explícito, ou seja, a dimensão que pode ser expressa do que é conhecido, que foi em algum momento aprendido. As críticas à abordagem sobre o conhecimento explícito e tácito são feitas por Foray (2004) e Cowan *et al* (2000), pois eles entendem que a forma como os conceitos são usados, não refletem em essência o que eles representam. Além disso, os economistas acabam por empregar de forma vaga estes conceitos nas pesquisas sobre inovação, dando ênfase apenas a análise de P&D. Para os autores não basta uma separação entre informação e conhecimento, ou mesmo, entre as dimensões tácita e explícita como algo que possa ser reproduzido com ou sem custos.

A questão levantada então é, qual conhecimento é codificado e qual não é? O termo codificado é entendido como um conjunto de regras, códigos, que confere ao conhecimento um sentido de conjunto de elementos que podem ser gravados e armazenados, esses elementos codificados servem de ponto de referência e podem adquirir um sentido de autoridade, ou seja, um conhecimento codificado quando aprendido serve de referência e confere ao seu possuidor capacidades para decodificar e codificar novos conhecimentos. No que tange às informações, estas mesmas que codificadas só desempenham as funções

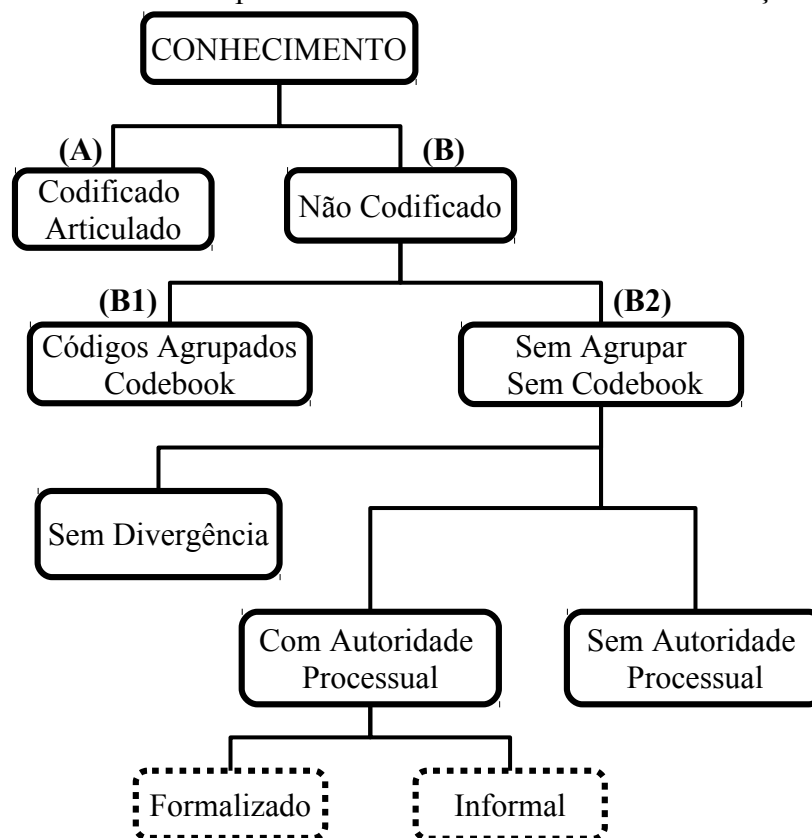
19 Para mais informações ver Economic Aspects of Military Research and Development; e Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention (ARROW, 1955; 1962).

20 Ver The Simple Economics of Basic Scientific Research (NELSON, 1959).

descritas para o conhecimento quando as pessoas podem interpretar o código (COWAN *ET AL*, 2000).

O conhecimento de acordo com a apresentação de Cowan *et al* (2000) pode ser dimensionado em codificado (A) e não codificado (B). No segundo caso, dois outros subgrupos são identificados pelos autores, um deles é o conhecimento no sentido tácito como ele comumente é usado, ou seja, algo que não foi descrito ou codificado (B1), o outro grupo o conhecimento pode ter sido codificado, mas as suas referências são nebulosas para observadores fora do grupo que produziu os códigos (B2). As dimensões conceituais de codificação do conhecimento podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2: Estrutura em árvore para o conhecimento com e sem codificação.



Fonte: Cowan et al (2000, p. 231).

Sendo assim, o conhecimento pode ser compreendido como um conjunto de códigos que podem ser de fácil compreensão, ou seja, os códigos são comumente identificados ou de difícil compreensão, quando não são fáceis de serem identificados. Em outras palavras, se um conhecimento codificado estiver com alguma criptografia, ou barreira à leitura, só quem possuir as chaves para descriptografar poderá ter acesso a tais conhecimentos. Visto do ponto de vista da firma, as organizações que possuem a capacidade de decodificar e codificar conhecimentos possuem uma maior capacidade de aprendizado, pois podem reconhecer e

aprender conhecimentos distintos dos que já possuem, ou seja, ampliam a sua capacidade competitiva e de geração de recursos.

Davenport e Prusak (1998) contextualizam o conceito de conhecimento como sendo algo diferente de informação e de dados, mas enfatizam que a diferença entre eles são questão de grau e que um conceito não é sinônimo do outro, pois existem diferenças entre eles. Para os autores, os dados são conjuntos discretos e fatos objetivos sobre eventos, por isso, são quantificáveis e podem ser armazenados. Já as informações são mensagens que são transmitidas por algum meio que dê forma ao que está sendo transmitido, contendo um sentido e um propósito. Por fim o conhecimento é desenvolvido com o tempo, requer experiências e aprendizado, envolve a capacidade de absorver informações de várias fontes.

Venkatraman e Tanriverdi (2004) contextualizam o uso do conceito de conhecimento como base para uma perspectiva no gerenciamento estratégico, pois compreendem que o conhecimento é incorporado nas pesquisas sobre estratégia por ser entendido como um mecanismo que impulsiona as vantagens e determina a performance das organizações. Três perspectivas são ressaltadas pelos autores na incorporação do conhecimento nas pesquisas sobre estratégia. Os autores também relacionam três escolas de pensamento que abordam o conhecimento e a sua aplicação de formas diferentes como uma forma de proporcionar um panorama sobre como o conceito é utilizado e que estão resumidas nos Quadros 2.

Quadro 2: Diferentes perspectivas para o conhecimento em pesquisas sobre estratégia.

| Escolas | Suposições sobre o conhecimento | Referências de estudos |
|--|---|--|
| Abordagem do Processamento de Informação | Conhecimento como um mecanismo para redução de incerteza | Galbraith (1974); Bensaou e Venkatraman (1995) |
| Economia dos Custos de Transação | Conhecimento como um ativo transacional específico que impacta fundamentalmente na governança das escolhas | Montenverde e Teece (1982); Pisano (1989); Sampson (2003); Subramani e Venkatraman (2003) |
| Abordagem com Base em Recursos | Conhecimento como um recurso chave para direcionar as vantagens competitivas; o conhecimento como algo embutido nas rotinas e nos fluxos fora das rotinas | Nonaka (1994); Nelson e Winter (1982); Dierickx e Cool (1989); Grant (1996); Robins e Wiersema (1995); Szulanski (1996); Farjoun (1994); Tanriverdi (2001) |

Fonte: Venkatraman e Tanriverdi (2004).

As diferentes perspectivas do Quadro 2 ainda podem ser associadas com as diferentes formas de mensurar o conhecimento. Neste sentido, Venkatraman e Tanriverdi (2004) destacam a análise do conhecimento como estoque, como fluxo e como um direcionador das capacidades organizacionais, distinguindo os tipos de mensuração ao qual cada escola pode

ser relacionada. Ainda de acordo com o Quadros 2, o conhecimento é tido como um componente importante nas relações estratégicas das organizações, pois ele potencializa as suas capacidades. Venkatraman e Tanriverdi (2004) ainda enfatizam que para eles a capacidade absorptiva é o nível mais alto em que poderiam ser enquadradas as três escolas de pensamento.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O objetivo do capítulo foi fazer a apresentação do conhecimento como um alicerce do crescimento produtivo e tecnológico da firma. Estabelecendo um ponto de referência para compreender melhor o funcionamento da firma e a suas mudanças. Marshall (1890/1985) e por Penrose (1959/2006), entendem que tanto a divisão do trabalho, quanto a especialização podem afetar o desempenho das organizações. No entanto, diferente de Marshall, Penrose visualizava os recursos produtivos como sendo heterogêneos, ou seja, os mesmos recursos poderiam ter diferentes aplicações e usos dependendo de como são empregados na produção.

A heterogeneidade dos recursos da firma, propiciaria também uma diversidade de serviços que podem ser revertidos em oportunidades produtivas, dependendo do conjunto de habilidades que a empresa possui. Essa diversidade, refletida em diferentes graus de conhecimento tecnológico, resulta em distintas magnitudes de experiência das empresas e na percepção do seu entorno. Logo, a capacidade de absorver os conhecimentos externos tornam-se um fator relevante para as organizações na medida que elas precisarem desenvolver as suas habilidades organizacionais para responder às mudanças tecnológicas e identificar melhor as possíveis oportunidades produtivas.

Na análise neo-schumpeteriana da firma a heterogeneidade dos recursos e das organizações é entendida como um dos requisitos para a evolução e competitividade, pois em um ambiente dinâmico a diversidade de recursos produtivos promoveria a mutação da firma que conseguir desenvolver as habilidades voltadas para a inovação. Sendo assim, o conhecimento técnico e as habilidades dos indivíduos são importantes na formação da memória organizacional e da diversidade das organizações, mas a firma e as suas rotinas são mais do que a soma das habilidades individuais. Cada empresa possui a sua “forma” de produzir algo, isso é refletido pela parte do conhecimento que não é codificado, pois está incorporado na sua experiência produtiva e organização interna, por isso, não pode ser transmitido ou copiado como outras formas de conhecimento.

Nesse sentido, o capítulo serviu de base para as posteriores contextualizações sobre capacidade absorptiva das firmas. Pois esta abordagem além de abranger os temas de

aprendizado e competências organizacionais, é pautado como uma capacidade dinâmica que as firmas devem desenvolver, principalmente nos ambientes com rápida mudança de tecnologia. A capacidade dinâmica da firma condiz com a habilidade da organização em incorporar novos conhecimentos técnicos para ampliar a sua performance. Sendo assim, o conceito de capacidade absorptiva está interligado com a análise neo-schumpeteriana da firma no sentido de dar ênfase ao conhecimento voltado para a produção de novas tecnologias como um dos pilares para ampliar a capacidade de inovação das empresas.

3 CAPACIDADE ABSORTIVA DE CONHECIMENTO TECNOLÓGICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o conceito de capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico das firmas e a sua relação com o processo de inovação. Para tanto, será abordado como este conceito está imbuído com outros conceitos abordados na economia da inovação, economia do conhecimento, economia industrial e de gestão do conhecimento, entre outras, que entendem que as empresas competem em um ambiente dinâmico e, portanto, precisam constantemente se adaptar e renovar a capacidade de competir. Nesse sentido, em ambientes onde as firmas competem por meio de inovação, o conhecimento tecnológico é um conceito chave para ser estudado, pois o conjunto de conhecimentos tecnológicos serve de base para o processo inovativo.

Tendo como ponto de partida organizações inovadoras e a sua capacidade de absorver conhecimento tecnológico, o processo de aprendizado, de reconhecimento de conhecimentos úteis para a aplicação produtiva são primordiais para se obter vantagem competitiva, pois a partir desses conhecimentos e do seu acúmulo ao longo do tempo é que as trajetórias inovadoras podem ser estabelecidas. Portanto, a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos das firmas, dos setores produtivos e das organizações se configura como conceito para o estudo de ambientes com rápidas mudanças.

Sendo assim, será apresentado nesta parte do estudo o conceito de capacidade absorptiva e a sua relação com a firma que busca inovar em um contexto dinâmico. Na primeira parte, é apresentado a relação entre o aprendizado organizacional com o conceito de capacidade absorptiva. Em seguida, é apresentado o conceito de capacidade absorptiva o seu desenvolvimento teórico, as dimensões estabelecidas e a formas como é utilizado nos estudos. Na terceira parte, a contextualização entre a capacidade absorptiva e a capacidade dinâmica das firmas é posta em tela com o intuito de estabelecer um *link* entre a inovação e capacidade organizacional. Por fim, o último tópico do capítulo apresenta as considerações sobre o tema apresentado e a sua relação com o capítulo seguinte.

3.1 APRENDIZADO ORGANIZACIONAL

O processo de competição entre empresas que dispõem algum esforço de inovação está relacionado com o ambiente no qual atuam, com as relações de cooperação entre elas, com o modelo competitivo do setor e com capacidade de aprendizado. O aprendizado tecnológico, segundo Queiroz (2006), é o acúmulo de competências (habilidades) que são adquiridas no decorrer do tempo, resultado da interação entre as empresas com o mercado e

do desenvolvimento interno da organização. O autor cita que o aprendizado é decorrente também da velocidade com que as tecnologias mudam e forma como as organizações vão se adaptando ao novo panorama competitivo e tecnológico. Dentre os tipos de aprendizado, Queiroz (2006) destaca o tecnológico, pois desse processo de aprendizado pode surgir como resultado a inovação tecnológica. O autor ainda destaca que o aprendizado por adaptação (*learning-by-adapting*) e o aprender fazendo (*learning-by-doing*) são insuficientes em ambientes dinâmicos, sendo necessário um engajamento maior no desenvolvimento e pesquisa de novos produtos ou processos por meio do aprendizado pela pesquisa (*learning-by-researching*) ou aprendizado por interação (*learning-by-interacting*).

O aprendizado organizacional é definido por Forés e Camisón (2011), como um processo pelo qual as organizações aumentam a sua base de conhecimento para incrementar a sua capacidade, mudar e melhorar a sua estrutura de forma efetiva. Sendo, segundo Yeung (1999), mais do que a simples soma dos aprendizados individuais, pois o aprendizado organizacional representa um sistema, histórias e normas pertencentes a organização que são transmitidas aos seus membros. Teece, Pisano e Shuen (1997) entende que este processo de aprendizado, no âmbito da organização, são coletivos e sociais e não ocorrem apenas através de imitação e emulação dos indivíduos, como entre o mestre e seu aprendiz, mas sim como um processo compartilhado para o entendimento de problemas complexos. Um processo constituído pela busca das melhores soluções para a organização através de conhecimento não codificado estabelecido por suas rotinas, mas, ao mesmo tempo, utiliza códigos comum aos seus membros, que servem para estabelecer novos procedimentos, memórias ou uma nova lógica para a estrutura da organização.

Forés e Camisón (2011) entendem que existe um efeito que é complementar entre a capacidade de aprendizado interno e a capacidade absorptiva na performance da firma. Os autores enfatizam que em ambientes de negócio com rápidas mudanças um dos mecanismos para se sustentar as vantagens competitivas é o constante processo de inovação. Nesse sentido, eles propuseram que a capacidade interna de aprendizado e a capacidade absorptiva representam juntas duas capacidades da firma que influenciam a capacidade de inovação. Os autores sugerem que a capacidade de inovação em conjunto com a capacidade de aprendizagem organizacional possuem um efeito positivo sobre o desempenho do negócio.

Cohen e Levinthal (1990) perceberam que a habilidade para assimilar novos conhecimentos está em função da estrutura preexistente de conhecimentos, da sua diversidade e das áreas que são abrangidas pelas mesmas, pois o processo de aprendizado organizacional é cumulativo e a sua performance será maior na medida que as novas informações puderem ser

relacionadas com os conhecimentos e áreas já estabelecidas na firma. Isso significa, que o aprendizado organizacional será mais difícil em novas áreas de domínio, mas, por outro lado, quando houver diversidade de conhecimento em uma determinada área a capacidade de assimilação será mais forte, facilitando o processo de inovação da firma. Outro aspecto, destacado pelos autores, é que o *learning-by-doing* não contribui para a promoção de diversidade de conhecimentos, pois este processo faz com que as firmas fiquem mais hábeis nas práticas já aprendidas, ou seja, torne-se cada vez mais especializada.

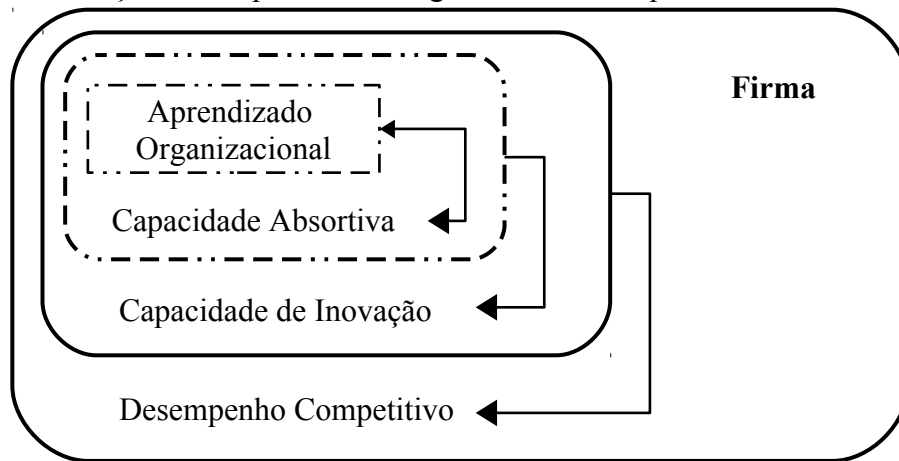
Nonaka (1994) ao debater sobre uma teoria dinâmica da criação de conhecimento organizacional apresenta diferentes tipos de conversão de conhecimento em termos de teoria organizacional que podem influenciar na criação de novos conhecimentos úteis para as empresas. Para o autor, a teoria da organização estava dominada por conceitualizações que visualizavam apenas um sistema onde se processava informações ou resolvia problemas. No entanto, parte desta limitação foi rompida ao se perceber que conhecimento e informação não estão sujeitos aos mesmos processos dentro das firmas, ou mesmo, no ambiente em que atual. Após discorre sobre as possibilidades de criação de conhecimento, o autor sugere quatro tipos mecanismos para que sejam criados novos conhecimentos nas organizações: socialização, combinação, internalização e externalização. Destaca ainda que a internalização do conhecimento está associada a capacidade de aprendizado organizacional.

Para Forés e Camisón (2011), a capacidade absorptiva está interligada ao processo de aprendizado organizacional e ambos podem ser expressos por antecedentes parecidos, como a assimilação de conhecimentos externos e o uso destes conhecimentos de maneira que impulse a capacidade interna da firma. No entanto, para os autores, o aprendizado organizacional é limitado ao interior da firma, sendo um processo preexistente ao desenvolvimento da capacidade absorptiva, pois primeiro existe a organização e a sua estrutura de conhecimento, para que depois novos conhecimentos sejam absorvidos. Já a capacidade absorptiva, como definida por Cohen e Levinthal (1990), condiz não só com a base e a diversidade de conhecimentos preestabelecidos, mas também com a diversidade e estrutura do ambiente externo, ou seja, a capacidade de reconhecimento de novos conhecimentos e a sua aplicação comercial. Forés e Camisón (2011) também consideram que a capacidade de inovação da firma é uma manifestação do aprendizado organizacional e da capacidade absorptiva, nos quais novos conhecimentos são constantemente aplicados para fins comerciais.

A relação acima descrita entre o aprendizado organizacional, a capacidade absorptiva e a capacidade de inovação também condicionam o desempenho competitivo da firma. Zahra e George (2002) observaram que em vários estudos foi demonstrado uma relação entre a

capacidade absorptiva com a inovação para a criação uma vantagem competitiva. Sendo assim, as relações, descritas na Figura 3, entre o aprendizado organizacional e a capacidade absorptiva pode ser entendida como uma resumo deste panorama da dinâmica organizacional.

Figura 3: Relação entre aprendizado organizacional e capacidade absorptiva.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Forés e Camisón (2011).

Sendo assim, Forés e Camisón (2011), consideram que a capacidade absorptiva está relacionada com o aprendizado organizacional e influencia a capacidade de inovação, que gera um novo processo ou produto, que por sua vez, também influencia o desempenho competitivo da organização. Isso ocorre, segundo os autores, pois o aprendizado organizacional, serve para gerar novos conhecimentos, desenvolver um núcleo de competências, de controle e entendimento da estrutura organizacional.

3.2 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO TECNOLÓGICA

Um dos processos internos que exprime o desenvolvimento de habilidades das firmas é o de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), pois é através deste esforço, para se constituir um novo produto ou processo que as firmas ampliam as suas capacidades existentes. Cohen e Levinthal (1989) chamam a atenção para tal processo, já que eles identificaram nele um importante meio pelo qual as empresas exploram o conhecimento do meio em que estão para ampliar o potencial de geração de novas tecnologias. Além disso, os autores percebem que tais investimentos resultaram em um aumento das habilidades das organizações para identificar, assimilar e explorar os conhecimentos tecnológicos que foram produzidas por outras empresas.

A justificativa para um dado conhecimento prévio está baseada na perspectiva de que uma construção de estruturas cognitivas das firmas, ou seja, na constituição de uma memória de aprendizado da organização. Neste sentido, um conhecimento prévio facilita o aprendizado de novos conhecimentos e de novas habilidades, ampliando as habilidades de resolução de

problemas que é algo similar a capacidade de aprendizado. No entanto, a capacidade de aprendizado depende do desenvolvimento de capacidades de assimilar conhecimentos já existentes, enquanto a habilidade de resolução de problemas representa a capacidade para criar conhecimentos (COHEN; LEVINTHAL, 1990).

Cohen e Levinthal (1989; 1990) ao descrever e analisar o processo de aprendizado das firmas que investem em P&D, perceberam que são geradas também novas habilidades para assimilar e explorar informações já existentes. O argumento central é que o investimento em P&D além de gerar inovações, ele também amplia a capacidade das firmas em identificar, assimilar e explorar o conhecimento. No entanto, Foray (2004) e Cowan *et al* (2000) identificaram que o conhecimento utilizado pelas organizações para ampliar a sua capacidade de aprendizado está de alguma forma estruturado em um conjunto de códigos, ou seja, possui alguma restrição no seu acesso. Pode-se dizer que o conjunto de conhecimentos a priori da firma devem ser capazes de decodificar as informações relevantes para agregar ao conjunto de conhecimentos já existentes internamente. Esta capacidade de agregação, é vista por Grant (1996) como uma maneira de influenciar na apropriação e na transmissão dos conhecimentos técnicos. A absorção de conhecimento externo dependerá, neste sentido, da habilidade em compreender os conhecimentos aos quais são expressos e armazenados como “*codebooks*”, ou seja, as informações que não estão manifestadas de maneira acessível a leigos, portanto, estão codificadas de maneira que mesmo estando prontas para o uso e leitura precisam ser compreendidas.

Cohen e Levinthal (1989; 1990) objetivaram entender a estrutura de comunicação entre o ambiente externo das organizações com a absorção de novos conhecimentos, além de compreender como as expertises se consolidam internamente nas firmas. Nesse sentido, eles perceberam que conhecimentos em comum melhora a comunicação, mas também perceberam que existe um *trade-off* entre conhecimentos em comum e diversidade entre os indivíduos, pois se a uniformidade for estendida de forma a promover uma promoção de mão de obra extremamente especializada, pode, como consequência, dificultar a comunicação com o ambiente externo e diminuir a capacidade de resolução de problemas, já que o conhecimento interno será menos diversificado.

Outro aspecto, segundo Cohen e Levinthal (1990) é o caráter cumulativo da capacidade absorptiva, pois obter uma capacidade maior em um período, permite em tese, ser mais eficiente na absorção de novas capacidades no período subsequente. O mesmo pode-se inferir para uma capacidade baixa, que fará com que no período subsequente o poder de identificar e absorver novos conhecimentos seja menor. Segundo os autores, isso ocorre

devido a características de *path-dependence* do conhecimento, já que o seu acúmulo e a sua diversidade interna nas organizações é que determinam o reconhecimento e a absorção de novas habilidades produtivas.

Se a empresa não desenvolver a sua capacidade absorptiva em algum período inicial, suas crenças sobre as oportunidades tecnológicas presentes em um determinado campo tendem a não mudar ao longo do tempo, porque a empresa pode não estar ciente do significado dos sinais de mudanças, que caso contrário, faria com que revisasse as suas expectativas. Como resultado, a firma não investe em capacidade absorptiva e, quando emergem novas oportunidades, a empresa pode não apreciá-las. Combinando esse efeito, na medida em que o conhecimento prévio facilita o desenvolvimento de capacidade absorptiva, a falta de investimento inicial torna mais dispendioso desenvolver um determinado nível de capacidade no período subsequente. Consequentemente, um baixo investimento inicial na capacidade de absorção diminui a atratividade do investimento em períodos posteriores, mesmo que a empresa tome conhecimento das oportunidades tecnológicas. (COHEN; LEVINTHAL, 1990)²¹

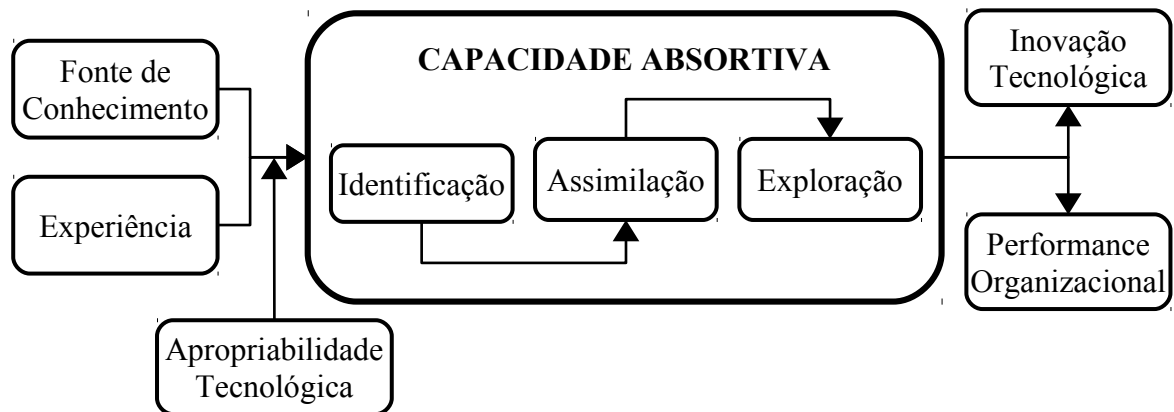
Isso significa que se a firma não desenvolve uma capacidade absorptiva em algum momento inicial da sua história, corre o risco, caso esteja em um ambiente dinâmico, de ser “bloqueada” (*locked-out*) do desenvolvimento tecnológico subsequente. Segundo Heller (2006), o processo de *lock-in* (bloqueio) e de *path-dependence* (dependência da trajetória) estão relacionados com o desenvolvimento tecnológico das firmas, isso pode resultar em tentativa das organizações em estabelecer um padrão tecnológico próprio e de difícil resolução a curto prazo, que caso seja estabelecido e esteja associado com um processo de inflexibilidade (*lock-in*) desta tecnologia restringe a ação de tecnologias concorrentes no longo prazo. Para a autora, as firmas que ficam de fora desse processo podem não ter oportunidade de competir com a tecnologia estabelecida como padrão no mercado, dado que o desenvolvimento de uma tecnologia com *lock-in* no tempo pode deixá-la cada vez mais inflexível. Isso, não implica que a tecnologia “vencedora” seja a mais eficiente ou a melhor, mas sim que os arranjos que ela conseguiu estabelecer para promover o bloqueio dos concorrentes foram mais rápidos ou melhor estruturados.

As dimensões da capacidade absorptiva, definidas inicialmente por Cohen e Levinthal (1989; 1990), podem ser entendidas como uma segundo os seus antecedentes, o conhecimento prévio pertencente às organizações, as fontes de conhecimentos disponíveis no seu entorno e o regime de apropriabilidade estabelecido, ou seja, como o desenvolvimento tecnológico dos concorrentes pode de alguma forma ser assimilado pela empresa. Nesse sentido, os autores ressaltam que o efeito de transbordamento tecnológico (*spillovers*), provê, em parte, um

21 Tradução livre.

incentivo positivo para o desenvolvimento do próprio P&D da firma, dependendo da capacidade absorptiva de endogeneizar o *spillovers*. Consequentemente, o reconhecimento e a valorização, a assimilação desses conhecimentos obtidos do seu entorno, fará com que a firma reconheça melhor as oportunidades tecnológicas e, portanto, saiba explorá-la. Como resultado deste processo, a firma amplia a sua capacidade de inovação e a sua performance organizacional, este esquema pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Modelo de Capacidade absorptiva em três dimensões.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Todorova e Durisin (2007).

Mas o sentido ao qual essas três dimensões foram empregadas por Cohen e Levinthal (1989; 1990) condiciona, de certa forma, a pesquisa sobre capacidade absorptiva ao investimento em P&D das firmas, ou seja, para as situações onde não haveria um departamento formal de pesquisa e desenvolvimento esta análise ficaria comprometida. Mesmo que os autores tenham ressaltado que seria necessário um conjunto de habilidades prévias, o investimento em pesquisa e desenvolvimento é enfatizado como uma variável indispensável para a mensuração e validação da capacidade de absorção do conhecimento do seu entorno.

No entanto, o conhecimento tecnológico gerado internamente pela firma e acumulado ao longo do tempo, mesmo que não esteja formalmente consolidado por um departamento de P&D pode, de alguma forma, influenciar no seu desempenho absorptivo. Pois, antes que haja um departamento formal de P&D, as firmas precisam desenvolver as suas habilidades de adquirir, assimilar, transformar e explorar os conhecimentos tecnológicos ao seu redor, sejam eles advindos de *spillovers*, de outros setores da indústria, ou mesmo de instituições científicas e governamentais.

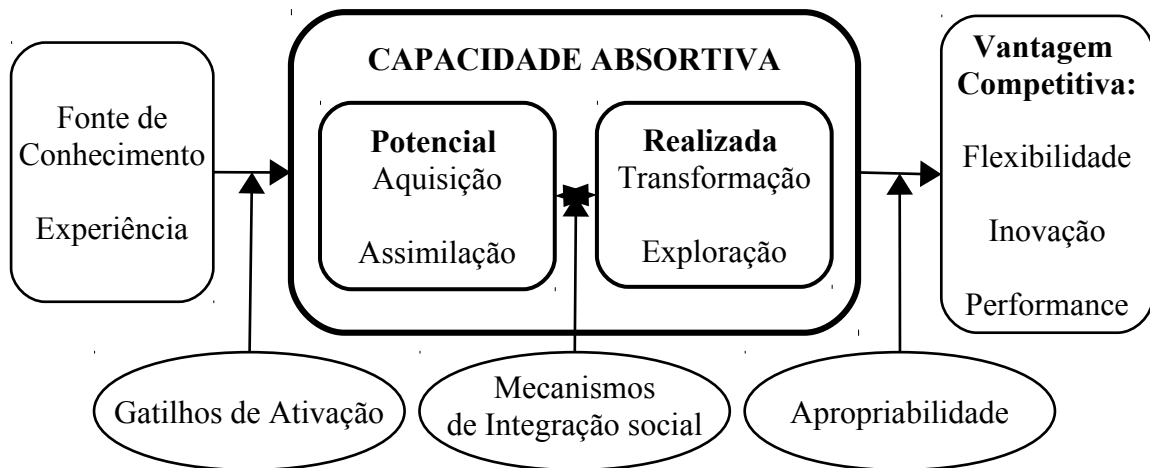
A capacidade de inovação é um dos resultados esperados para as organizações que possua uma alta capacidade de absorção de conhecimentos tecnológicos. Nesse sentido, Zahra e George (2002) visualizam a capacidade absorptiva como uma capacidade dinâmica, pois

influencia a natureza e a sustentabilidade das vantagens competitivas das firmas. Para os autores, as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração habilitam as organizações no reconhecimento de novas bases de recursos e as adapta para mudar as condições de mercado com objetivo de obter vantagens competitivas. Sendo assim, os autores entendem que a capacidade absorptiva influencia as escolhas estratégicas das organizações, determinando os caminhos das mudanças organizacionais, o que de certa forma, contribui para a análise do desenvolvimento das firmas, entendendo o gerenciamento do conhecimento e como as capacidades dinâmicas se concretizam.

Dessas quatro capacidades Zahra e George (2002) estabeleceram duas dimensões ou conjuntos, um de capacidade potencial, contendo a aquisição e a assimilação de conhecimento externo, e o outro de capacidades realizada, composta pela transformação e exploração do conhecimento. Segundo os autores os dois conjuntos separados são insuficientes para aumentar a performance da firma, ou seja, eles são complementares na constituição de uma capacidade absorptiva da organização. Sendo assim, uma alta capacidade potencial não significa necessariamente que ela será realizada. Isso quer dizer que, para ampliar as suas competências, as firmas devem encontrar uma combinação que melhor trace o seu caminho com relação ao núcleo de suas habilidades de forma a explorá-las comercialmente.

O sistema da Figura 4 apresenta, de acordo com Zahra e George (2002) as configurações que são estabelecidas por um novo conhecimento ou experiência para potencializar a capacidade absorptiva da firma. A experiência passada no modelo é o que define o “locus” da pesquisa tecnológica da firma, ou seja, focando a busca por informações nas áreas em que a organização já obteve sucesso. No que tange às fontes de novos conhecimentos, os autores, entendem que a complementaridade dos mesmos é um fator importante para que a capacidade potencial seja ampliada, uma vez que, caso não haja tal compatibilidade com os conhecimentos que a firma já possua, as novas relações e conexões com a rede interna de conhecimentos será fraca. Nesse sentido, as experiências passadas podem corroborar na busca pelas fontes certas de conhecimentos complementares e úteis para a organização. O gatilho de ativação para a capacidade potencial funciona como um moderador dos eventos externos e interno estimulando a busca por novos conhecimentos para suprir alguma lacuna existente, seja ela por causa de uma crise interna, mudanças radicais de tecnologia por parte dos concorrentes ou mesmo uma política governamental que afete a estrutura organizacional.

Figura 5: Modelo dinâmico para capacidade absorptiva.



Fonte: Adaptado Zahra e George (2002).

Neste contexto, Figura 5, os estímulos do ambiente externo faz com que as firmas invistam no desenvolvimento das capacidades de adquirir e assimilar novos conhecimentos. A aquisição de novos conhecimentos depende da habilidade da empresa em obtê-los no seu entorno, para que supram as necessidades críticas para o desenvolvimento da organização e está diretamente relacionado com três atributos desses novos conhecimentos: a sua velocidade, intensidade e direção. A intensidade e a velocidade contribuem para a qualidade da aquisição, enquanto a direção influencia na trajetória de acumulação de novos conhecimentos obtidos no ambiente externo (ZAHRA; GEORGE, 2002).

No caso da assimilação, segundo Zahra e George (2002), este processo indica como as firmas analisam as informações obtidas para compatibilizar com as suas rotinas e processo internos, ou seja, nesta fase as organizações interpretam e entendem os novos conhecimentos. Isso significa que na assimilação a informação é decodificada para que seja e se torne compatível com as rotinas internas, caso contrário, não haverá complementariedade e acarretará, como consequência, a incompatibilidade com o incremento nas rotinas da firma e a sua internalização. Uma vez internalizado, o conhecimento está disponível para que a organização renove os códigos, ou seja, permite com que haja uma conversão das informações obtidas em novas possibilidades de uso. O conhecimento transformado, segundo os autores, é o refinamento das rotinas que facilita a combinação de conhecimentos preexistentes com os novos, resultando em uma maior habilidade de discernimento das oportunidades tecnológicas. E uma vez, que tais oportunidades ocorram a firma terá a capacidade de explorá-las, pois terá constituído as rotinas necessárias para obter as vantagens comerciais do conjunto de conhecimentos já internalizados em suas rotinas por meio de novos produtos, processos ou mesmo novas estruturas organizacionais.

No entanto, as quatro capacidades são subconjuntos de outras duas dimensões. Zahra e George (2002) entendem que existe um conjunto para capacidade potencial e outro para capacidade realizada. Sendo que, as capacidades de aquisição e de assimilação estão contidas na capacidade potencial, enquanto, a de transformação e exploração estão contidas na capacidade de realização das organizações. Contudo, as dimensões potencial e realizada dependem de um mecanismo de integração social para que a sua interação ocorra de forma eficiente. Isso significa que, para ocorrer que a assimilação do conhecimento, tanto formal, quanto informal ocorra, as redes e estruturas de comunicação interna devem permitir que tais fluxos e processos aconteçam.

Nesse sentido, o ambiente interno deve promover a interação entre as pessoas, valores comuns e identificação com os objetivos da organização, diminuindo o problema do principal-agente e centrando os esforços no ganho da organização como um todo. Caso os mecanismos de integração social não sejam minimamente coerentes com os objetivos da organização, pode acontecer da firma conseguir desenvolver uma capacidade potencial com aquisição e assimilação de novos conhecimentos, compreendendo problemas técnicos complexos, mas tenha problema em transformar e explorar as possíveis oportunidades existentes, pois a sua capacidade realizada não condiz com o seu potencial.

Cabe destacar que em termos teóricos o estudo sobre capacidade absorptiva ainda está no seu processo inicial, apesar de já terem conceitos e referências consolidadas sobre o assunto. Para reforçar o seu modelo e as dimensões propostas, Zahra e George (2002) construíram um quadro com a reconceitualização para capacidade absorptiva, que antes tinha sido estabelecida por Cohen e Levinthal (1989; 1990). Outros autores como Todorova e Durisin (2007) não compactuam com as quatro capacidades e entendem que os conceitos iniciais devem ser utilizados; também discordam da separação entre as dimensões para a capacidade de assimilação e transformação, pois entendem que estas duas capacidades da firma trabalham para o mesmo sentido, que é o de incorporar e aprender novas rotinas, mas a assimilação seria ativada quando as rotinas e os conhecimentos obtidos do entorno fossem coerentes ou complementares aos já constituídos no interior da organização. Já a capacidade de transformação seria utilizada apenas quando os conhecimentos obtidos não fossem completamente compatíveis com os conhecimentos prévios. Neste caso, eles seriam readaptados para o aproveitamento e, então depois seriam explorados para fins comerciais. Apesar da argumentação coerente e do modelo bem estruturado, proposto por Todorova e Durisin (2007), boa parte dos trabalhos acadêmicos utilizam as quatro capacidades como

referência no constructo dos seus modelos de absorção de conhecimento. O Quadro 3 abaixo é elucidativo quanto a tais questões.

Quadro 3: Dimensões da capacidade absorptiva: Componentes, regras e citações.

| Capacidades | Componentes | Regras e Importância | Citações |
|---------------|---|---|---|
| Aquisição | . Conhecimento ¹ . Investimentos ² . Intensidade . Velocidade . Direção | . Escopo da pesquisa . Esquema percentual . Novas conexões . Velocidade . Qualidade | Boynton, Zmund e Jacobs (1994); Cohen e Levinthal (1990); Keller (1996); Kim (1998); Lyles e Schwenk (1992); Mowery, Oxley e Silverman (1996); Van Wijk, Van den Bosch e Volberda (2001); Veugelers (1997). |
| Assimilação | . Entendimento | . Interpretação . Compreensão . Aprendizado | Dodgson (1993); Fichman e Kemerer (1989); Kim (1998); Lane e Lubatkin (1998); Szulanski (1996). |
| Transformação | . Internalização . Conversão | . Sinergia . Recodificação . Biassociação | Fichman e Kemerer (1999); Koestler (1966); Kim (1997b; 1998); Smith e DeGregorio (na imprensa). |
| Exploração | . Uso . Implementação | . Núcleo de Competências . Colheita de recursos | Cohen e Levinthal (1990); Dodgson (1993); Kim (1998); Lane e Lubatkin (1998); Szulanski (1996); Van den Bosch, Volberda e Boer (1999); Van Wijk, Van den Bosch e Volberda (2001). |

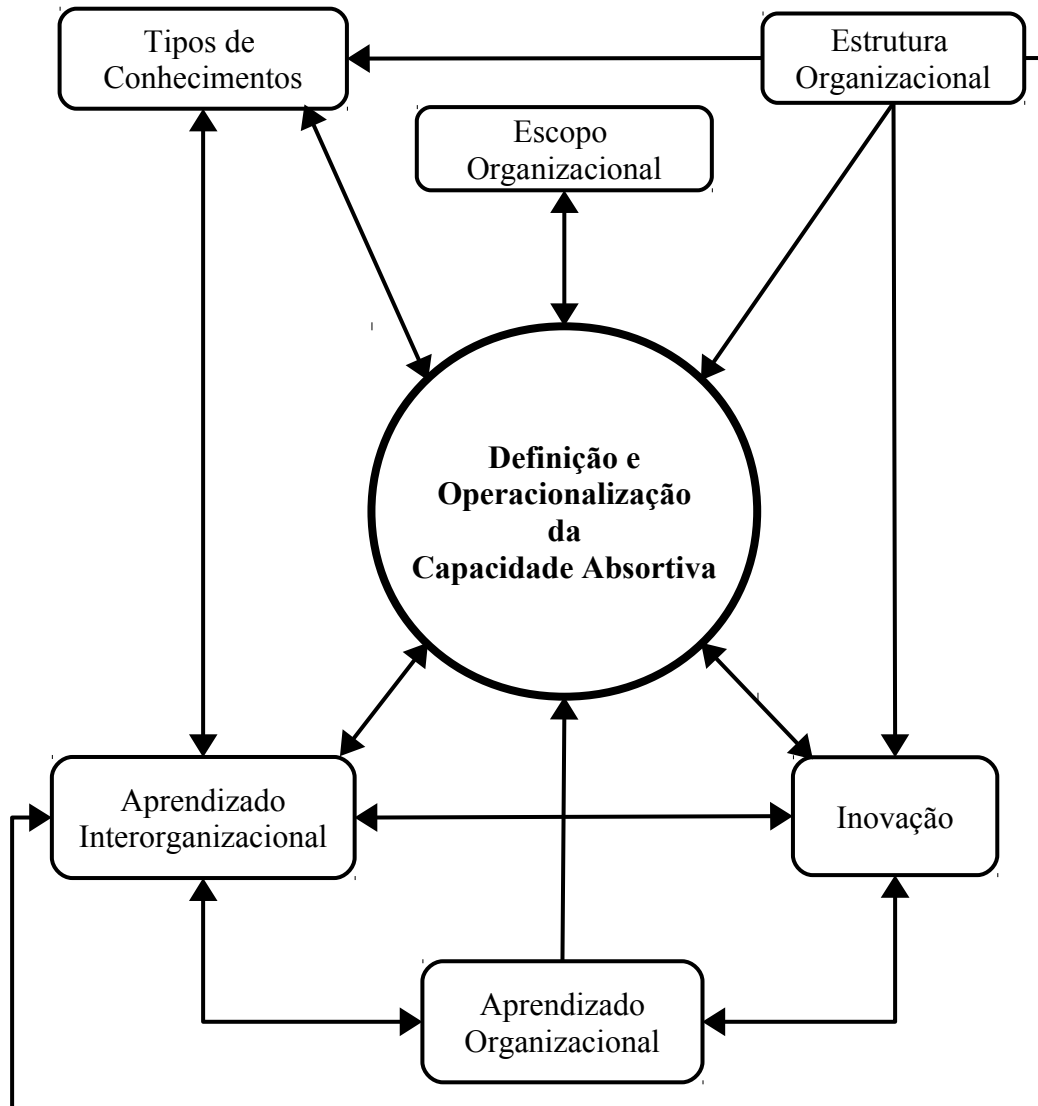
Fonte: Zahra e George (2002).

Notas: 1) Conhecimento *a priori*; e 2) Investimento *a priori*.

No entanto, como demonstrado na primeira seção do capítulo o conceito de capacidade absorptiva está relacionado com outras teorias organizacionais. Segundo Lane, Koka e Pathak (2006) ao estudar as citações sobre os antecedentes para a capacidade absorptiva em diferentes trabalhos acadêmicos, foram encontrados sete temas inter-relacionados que envolvem abordagens dinâmicas e estáticas. Em termos estáticos, os antecedentes da capacidade absorptiva foram o conhecimento, estrutura organizacional e escopo organizacional. Já no que concerne a relação dinâmica dos antecedentes que possuem uma relação com a capacidade absorptiva foram o aprendizado organizacional, o aprendizado interorganizacional e a inovação. Já o sétimo tema foi relacionado com a definição e mensuração da capacidade absorptiva, que os autores identificaram em vários trabalhos, pois eles usavam como *proxies* as bases de conhecimentos já consolidadas nas organizações, tais como a intensidade em P&D ou patentes. No entanto, para os autores a apropriação e a

validação dessas *proxies* para a capacidade absorptiva é, contudo, questionável, dado que empiricamente são contestáveis. Na Figura 6 as relações dos temas são apresentadas.

Figura 6: Mapa temático de pesquisas sobre capacidade absorptiva (1990 – 2002).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Lane, Koka e Pathak (2006).

Como pode se pela Figura 6 os temas antecedentes para a capacidade absorptiva orbitam a temática relacionado a sua definição e operacionalização, ou seja, encontrar os termos, as dimensões corretas, as variáveis para cada dimensão e a forma de medir ou quantificar a capacidade de absorção das organizações. Nesse sentido, este estudo e a problemática levantada busca contribuir com o centro temático das pesquisas sobre capacidade absorptiva propondo nos capítulos subsequentes formas alternativas para medir a capacidade de absorção de conhecimento tecnológico.

Hurtado-Ayala e González-Campo (2015) ao analisar os constructos para se mensurar a capacidade absorptiva propuseram a criação de um indicador que captasse o nível absorptivo de conhecimento nos setores manufatureiro e de serviços na Colômbia. O estudo fez uma

relação dos trabalhos que abordam este tema e quais as dimensões para capacidade absorptiva que foram usadas. O Quadro 4 abaixo faz uma relação entre os pesquisadores e as dimensões encontradas pelos autores, tendo como destaque as três dimensões propostas inicialmente por Cohen e Levinthal (1989; 1990) e as quatro dimensões propostas por Zahra e George (2002).

Quadro 4: Dimensões para capacidade absorptiva.

| Autores | Dimensões |
|--|--|
| Cohen e Levinthal (1989); Cohen e Levinthal (1990); Mowery e Oxley (1995); Cockburn e Henderson (1998); Szulanski (1996); Chen <i>et al.</i> (2014); Chang <i>et al.</i> (2014); García-Morales <i>et al.</i> (2014) | Identificação Assimilação Exploração |
| Heeley (1997) | Aquisição Difusão Capacidades Técnicas |
| Lane e Lubatkin (1998); Dyer e Singh (1998); Minbaeva <i>et al.</i> (2003); Lane, Koka e Pathak (2006); Schildt <i>et al.</i> (2012) | Reconhecimento/Avaliação Assimilação Aplicação |
| Zahra e George (2002); Jansen <i>et al.</i> (2005); Vega-Jurado <i>et al.</i> (2008); Gluch <i>et al.</i> (2009); Flatten <i>et al.</i> (2011); Jiménez-Barrionuevo <i>et al.</i> (2011); Datta (2011); Ritala e Hurmelinna (2013); Waranantakul e Ussahawanitchakit (2012); Maynez-Guaderrama <i>et al.</i> (2012); Gebauer <i>et al.</i> (2012); Cepeda-Carrión <i>et al.</i> (2012); Su <i>et al.</i> (2013), Patterson e Ambrosini (2015), Lao e Lu (2015) | Aquisição Assimilação Transformação Exploração |
| Todorova e Durisin (2007) | Aquisição Assimilação/Transformação ¹ Exploração |
| Murovec e Prodan (2009) | Capacidade Científica Capacidade Demandada |
| Liao <i>et al.</i> (2010) | Avaliação Uso |
| Xiong e Bharadwaj (2011) | Capacidade/P&D Capacidade/ <i>Marketing</i> Capacidade/Cliente |
| Hadi <i>et al.</i> (2011) | Complementariedade Conhecimento a priori Experiência relacionada |
| Nugraha (2011) | Potencial ² Realizada ³ |

Fonte: Hurtado-Ayala e González-Campo (2015).

Notas: 1) Depende do tipo de conhecimento absorvido; 2) Mecanismos organizacionais, recursos humanos, práticas e conhecimentos atribuídos; e 3) Performance dos empregados.

Diante do conjunto de relações conceituais expostas no Quadro 4 de referências, Hurtado-Ayala e González-Campo (2015) construíram um modelo em que destacam algumas

variáveis para nortear as dimensões das capacidades absorptivas. Os autores partiram da abordagem estabelecida por Zahra e George (2002), por corroborar com a percepção de que a absorção de conhecimentos promovem a capacidade dinâmica das organizações. Nesse sentido, o conhecimento acumulado pelas empresas variam de acordo com as condições do ambiente no qual atuam. Pressupõem-se que um dado conjunto de condições externas pode influenciar o processo de aquisição de novos conhecimentos, agilizando e o tornando mais produtivo ou, então, fazendo com que os processos sejam mais demorados e dificultosos, decorrentes da adaptação às mudanças internas. Portanto, para capturar tais mudanças os autores propuseram às seguintes relações entre as dimensões e os pesos ou *proxies* para mensurá-las:

- **Aquisição:** a capacidade das firmas para capturar conhecimento externo:
 - X_1 = Investimento em P&D;
 - X_2 = Investimento em transferência tecnológica;
 - X_3 = Investimento em máquinas e equipamentos.
- **Assimilação:** internalização e difusão do conhecimento externo adquirido:
 - X_4 = Cooperação com fornecedores (nº de empresas que cooperam com fornecedores);
 - X_5 = Cooperação Institucional (nº de empresas que cooperam com instituições);
 - X_6 = Cooperação com clientes (nº de empresas que cooperam com clientes).
- **Transformação:** construção de novas rotinas que conduzam ao desenvolvimento de novos produtos ou processo, uma vez que o conhecimento já tenha sido assimilado e se espalhado pela organização:
 - X_7 = Funcionários envolvidos com atividades de inovações tecnológicas (nº de pessoas);
 - X_8 = Educação e treinamento (nº de empresas que estabeleceram relações de suporte com empresas de consultoria);
 - X_9 = Apoio em assistência técnica e consultoria (nº de empregados treinados e ou grau de educação por empresas).
- **Exploração:** dado a capacidade para aquisição, assimilação, difusão e transformação do conhecimento externo, à firma deve continuar o processo de aplicação desses conhecimentos obtidos com finalidade comercial, por meio de novos produtos ou processos:

- X_{10} = Inovação em métodos de produção (nº de inovações implementadas pela empresa);
- X_{11} = Melhorias na qualidade do produto ou serviço (nº de inovações importantes implementadas pela empresa);
- X_{12} = Diversificação dos produtos e serviços (nº de inovações importantes implementadas pela empresa).

A partir destas variáveis Hurtado-Ayala e González-Campo (2015) propuseram o seguinte modelo $CAPAB = AQ + AS + TR + EX$, onde $CAPAB$ é a capacidade absorptiva da firma; AQ é a capacidade de aquisição; AS é a capacidade de assimilação; TR é a capacidade de transformação e; EX é a capacidade de exploração. A partir deste modelo os autores criaram um indicador que fornece em termos percentuais a capacidade absorptiva. A fórmula utilizada para tal procedimento foi:

$$Y_i = \frac{X_i - \min \sum X}{\max \sum X - \min \sum X} \quad (1)$$

onde: Y_i = variável padrão; X_i = variável que será padronizada; $\min \sum X$ = valor mínimo para a variável X e; $\max \sum X$ = valor máximo para a variável X .

Tendo como base estes procedimentos, Hurtado-Ayala e González-Campo (2015) encontraram valores que indicam a capacidade absorptiva para os setores manufatureiro e de serviço na Colômbia que variam entre 0% para as empresas que não possuíam capacidade de absorção de conhecimento externo, 25% para as que possuíam baixa capacidade, 50% como um nível de média capacidade e 75% que correspondia a um nível elevado. Para os autores 100% implica que a firma pode absorver, assimilar, transformar e explorar todo o conhecimento para o qual teve acesso. No entanto, como o trabalho desses autores se refere ao estudo de um caso específico, de um país sul americano e com determinadas configurações da indústria, as relações propostas pelo modelo devem ser utilizadas com cautela, haja visto que os investimentos em P&D, em transferência tecnológica e em máquinas e equipamentos, por exemplo, podem não refletir a aquisição de novos conhecimentos do ambiente externo, já que esta realidade condiz com países que possuem industrialização tardia ou possuem pouca capacidade de desenvolvimento tecnológico interno, refletindo o sistema nacional de inovação e o desenvolvimento socioeconômico da região.

O esforço não apenas no sentido de validar os conceitos e as dimensões propostas por outras pesquisas, mas também de criar indicadores e propor variáveis para a mensuração da capacidade absorptiva possibilita que outros trabalhos verifiquem ou aprimorem os modelos e

métodos quantitativos de análise para tais temas de estudo, fazendo com que os conceitos sejam sedimentados ao longo do tempo e os resultados analíticos sejam padronizados. Pois a sedimentação dos conceitos e variáveis das capacidades absorptivas podem servir de parâmetro em políticas de incentivo à inovação ou mesmo para promover novas práticas para o aprendizado organizacional dentro das firmas.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo abordar teoricamente a capacidade absorptiva, descrevendo os principais tópicos que são utilizados nas pesquisas com relação ao tema. Nesse sentido, foi feita uma relação entre o aprendizado organizacional ou o aprendizado interno da firma, capacidade absorptiva e a capacidade dinâmica. A capacidade de aprendizado organizacional, diz respeito ao processo de aprendizado de habilidades, competências produtivas e rotinas no interior das organizações. Já o conceito capacidade de absorção do conhecimento é mais amplo e abrange outras esferas de estudo das organizações, com destaque para o desenvolvimento de novos produtos e processo, mas a principal diferença entre os dois é que para desenvolver uma capacidade absorptiva, a firma precisa ter habilidades para identificar no seu entorno conhecimentos que possam ser úteis comercialmente, já o processo de aprendizado interno, condiz apenas com o desenvolvimento de novas habilidades produtivas, que não necessariamente são revertidas em vantagens comerciais.

A interface entre a capacidade absorptiva e a capacidade dinâmica pode ser entendida no desenvolvimento de habilidades voltadas para a inovação e performance de mercado. Pois no contexto dinâmico, a habilidade da firma em criar, ampliar, proteger e manter a base de ativos pode ser associada a sua capacidade absorptiva. Esta percepção do conceito pode ser encontrada na construção teórica desenvolvida por Zahra e George (2002), onde o conceito de capacidade absorptiva foi ampliado com relação a Cohen e Levinthal (1989; 1990) e foi organizado em quatro capacidades (aquisição, assimilação, transformação e exploração) e duas dimensões para as capacidades potencial e realizada.

As capacidades de aquisição, assimilação, transformação e de exploração de novos conhecimentos é utilizada em uma quantidade considerável de análises sobre capacidade absorptiva. No entanto, um ponto que ainda difere nas diversas abordagens sobre o tema é a forma como mensurar estas capacidades. A dificuldade em quantificar a capacidade absorptiva está relacionada com questões de coleta de dados das organizações, com a escolha de variáveis que captem as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração, ou então, as capacidades potencial e realizada para que se possa encontrar a capacidade

absortiva total. Ademais, os instrumentos para mensurar devem ser capazes de capturar as relações dinâmicas e das diferentes configurações que promovem uma dada capacidade de absorção.

Portanto, mensurar a capacidade absorptiva ainda é um dos principais problemas para a sedimentação do conceito de capacidade absorptiva. Nesse sentido, o indicador construído por Hurtado-Ayala e González-Campo (2015) para mensurar a capacidade absorptiva nos setores manufatureiro e de serviço na Colômbia serve como um dos parâmetros de referência para os próximos capítulos deste estudo, pois os autores encontraram uma relação não binária, variando entre 0 e 1, para a absorção do conhecimento externo. Os autores também são referenciados nos estudos sobre a capacidade absorptiva de setores industriais Lagunes et al (2016), Domínguez et al (2017), assim como nos estudos sobre os problemas conceituais e da aplicação das capacidades como encontrado em Alexandrovna (2017), ou seja, temáticas que condizem com as relações levantadas no capítulo.

No intuito de propor novos métodos não binários para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos, o próximo capítulo apresentará os dois métodos com base nos conjuntos fuzzy para mensurar a capacidade absorptiva, um em termos de análise comparativa das combinações causais e o outro por meio de um sistema de inferência.

4 MÉTODO DE ANÁLISE

Este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia de pesquisa e os dois modelos para mensurar a capacidade absorptiva. Primeiro é feita uma relação do método de pesquisa com a abordagem teórica para destacar a análise da diversidade na ciência econômica, para em seguida apresentar o método comparativo como uma estratégia viável frente às relações que são feitas entre diversidade e conjuntos fuzzy.

Para tanto, na primeira parte do capítulo é apresentado o método de análise comparativa. No segundo tópico do capítulo é apresentado a teoria dos conjuntos dentro da abordagem da capacidade absorptiva. O segundo tópico é dividido em três subtópicos, o primeiro apresenta a análise comparativa de qualidade, o segundo os conjuntos fuzzy e o fsQCA e o terceiro o sistema de inferência Mamdani. Na última parte do capítulo são feitas as considerações do capítulo.

4.1 MÉTODO DE ANÁLISE COMPARATIVA PARA A CIÊNCIA ECONÔMICA

A metodologia aplicada neste estudo vai ao encontro com a proposição teórica neoschumpeteriana de pesquisa, pautada pela análise da diversidade e de situações causais complexas. Além disso, o método comparativo também visa a adequação conceitual e teórica com a sua viabilidade para aplicação prática e confrontação com os fatos percebidos pelos contextos históricos e particulares de cada caso pesquisado. Para tanto, entender que a ciência econômica faz parte de uma ciência que estuda fenômenos específicos da sociedade é um fator importante, pois o uso de abstrações e de modelos econométricos podem afastar esta percepção metodológica essencial para a ciência que analisa os recursos produtivos, os distintos meios de aplicá-los, os seus diversos valores de uso (que dependem do contexto socioeconômico) e os vários resultados das combinações desses recursos.

Fazer pesquisa científica implica buscar formas de organizar e sistematizar as informações que são coletadas e compreendidas ao longo dos estudos para que sejam transformadas em conhecimentos coerentes e válidos academicamente. As pesquisas econômicas e os seus caminhos epistemológicos ao longo do tempo buscaram construir aproximações das ciências naturais, traduzindo o comportamento dos indivíduos e das firmas em lei gerais. No entanto, algumas correntes metodológicas e epistemológicas tentam construir uma ciência econômica para além dessas leis universais.

Para Popper (1978) a investigação lógica da economia arquiteta um produto de análise que pode ser aplicado a todas as ciências sociais. Essa afirmação está relacionada com o entendimento do autor, de que este produto, produzido pela análise da ciência econômica,

condiz com a sua proposta de análise de problemas por meio da lógica situacional. Esta lógica constituiria uma ferramenta analítica que se adapta aos problemas e as situações que se apresentam em cada estudo, com isto, se aproximando mais das verdades do que outras explicações testáveis que partem de um escopo generalista.

Ragin (2014) propõem o método comparativo como uma solução que permita com que as ciências sociais não fiquem presas às amarras da probabilidade. Para o autor, o método científico não pode ser restrito e condicionado por uma fórmula para todas as formas de pesquisa científica, pois existem pesquisas que podem controlar o ambiente de análise do objeto, como em um laboratório de química, mas que não é o caso de pesquisas sociais onde o objeto de estudo é a sociedade ou características da mesma. Os seres humanos são de certa forma imprevisíveis e podem mudar o seu comportamento para as n situações e casos analisados.

Nesse sentido, para Ragin e Amoroso (2010), o *script* básico para o método científico seria o ciclo: 1) o estudo de literatura relevante; 2) a formulação de hipóteses; 3) o desenvolver um projeto de pesquisa; 4) coletar dados e; 5) analisar os dados coletados. Ao final do ciclo o processo continuaria com a comparação dos dados e teorias, para se rejeitar ou não as hipóteses formuladas e, com isto, continuar o processo de pesquisa, seja negando a teoria ou confirmando. Este processo de análise, indutivo, é ressaltado por Milton Friedman no texto *The Methodology of Positive Economics* de 1953, onde ele resalta que a ciência econômica é uma ciência positiva, não de forma ingênua, mas sim, um corpo de tentativas de aceitar generalizações sobre os fenômenos econômicos que podem ser usadas para predizer as consequências de determinadas circunstâncias. Sendo assim, para Friedman (1953) a capacidade de previsão e de formulação de hipóteses é elencada como relevantes na construção do método para a ciência econômica.

No entanto, Sen (1989) resalta que apesar de ser importante, a capacidade de previsão não contempla todas as análises da ciência econômica. Para o autor, o método de pesquisa econômica deve abranger: 1) a capacidade de previsão futura e de causalidades de eventos passados; 2) escolher descrições apropriadas de estados e eventos passados e presentes; e 3) fornecer uma avaliação normativa dos estados, instituições e políticas. Isso significa, que a capacidade de previsão é apenas um dos aspectos metodológicos da economia, pois deve-se admitir metodologicamente, uma diversidade suficiente para que a ciência seja capaz de lidar com outras classes de problemas.

Para Ragin e Amoroso (2010), os métodos indutivos²² e dedutivos²³ são complementares, ou seja, para os autores isso ocorre por meio da retroação²⁴, que seria o intercâmbio das duas formas de análise científica. Esse intercâmbio possibilita projetar as estratégias de análises, constituindo o caminho para conectar as ideias com as evidências e, assim, produzir uma representação de algum aspecto da vida social. Os autores destacam que não existe um único caminho correto, mesmo que haja algum script básico, pois existem diferentes estratégias de pesquisa. Para ilustrar as diferentes estratégias os autores partem de três abordagens: 1) o uso do método qualitativo para estudar os pontos comuns; 2) o método comparativo para estudar a diversidade; e 3) o método quantitativo para estudar as relações entre as variáveis.

Os pesquisadores qualitativos se interessam em examinar vários aspectos ou características de um número relativo de casos em profundidade. Os pesquisadores comparativos se interessam em estudar a diversidade de um número moderado de casos de uma maneira compreensiva, embora, não com tantos detalhes quanto desenvolvido pelas pesquisas qualitativas. Os pesquisadores quantitativos se interessam e avaliar a covariância das variáveis entre os casos, que tipicamente possuem um número relativamente pequeno de características para serem examinadas, mas que são analisadas para vários casos. (RAGIN; AMOROSO, 2010)²⁵

Os três métodos foram escolhidos por Ragin e Amoroso (2010), pois oferecem uma ótima ilustração do núcleo para diversas outras metodologias. No entanto, a escolha entre o número de casos e as suas características não implica a quantidade de informações que podem ou devem ser coletadas. Os três métodos são ilustrados na Figura 7.

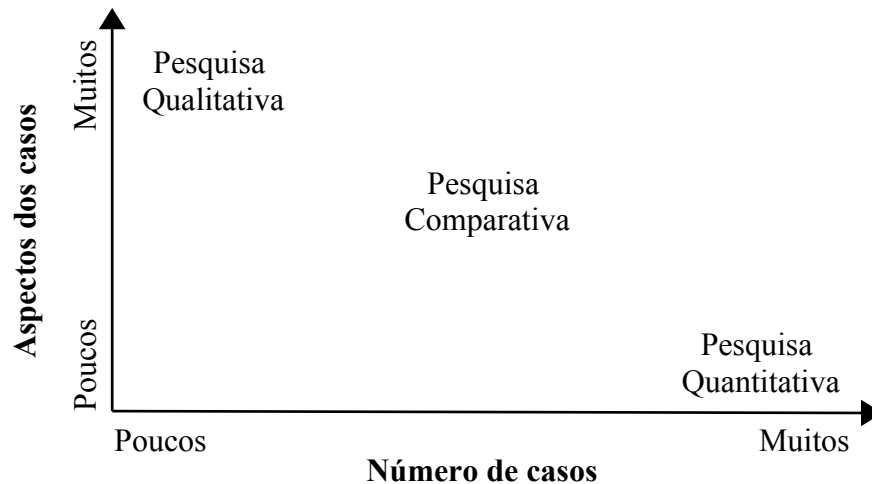
22 Método Indutivo que parte do particular e coloca a generalização como produto posterior do esforço de coleta de casos particulares (DEMO, 1989, p.137).

23 Método dedutivo que parte do geral e, a seguir, desce ao particular (DEMO, 1989, p.136).

24 Termo desenvolvido pelos filósofos da ciência para descrever a interação entre o método indutivo e o método dedutivo (RAGIN; AMOROSO, 2010, p.63)

25 Tradução livre.

Figura 7: Estratégias de pesquisas, casos e aspectos dos casos.



Fonte: Ragin e Amoroso (2010).

As estratégias representam três formas comuns, mas diferentes, de manter um diálogo entre ideias e evidências. Para Ragin e Amoroso (2010) as ideias ajudam os pesquisadores a dar sentido para as evidências e os pesquisadores usam as evidências para estender, revisar e testar ideias. Os objetivos primário e secundário para as três estratégias de pesquisa podem ser relacionadas com sete categorias: 1) a identificação de padrões gerais; 2) Testar/refinar teorias; 3) fazer previsões; 4) interpretar a significância; 5) explorar a diversidade; 6) dar voz; e 7) avançar teoricamente. O objetivo primário indica que a característica é muito comum para aquela categoria de pesquisa. O secundário indica que as vezes é usado para alcançar o objetivo da categoria de pesquisa.

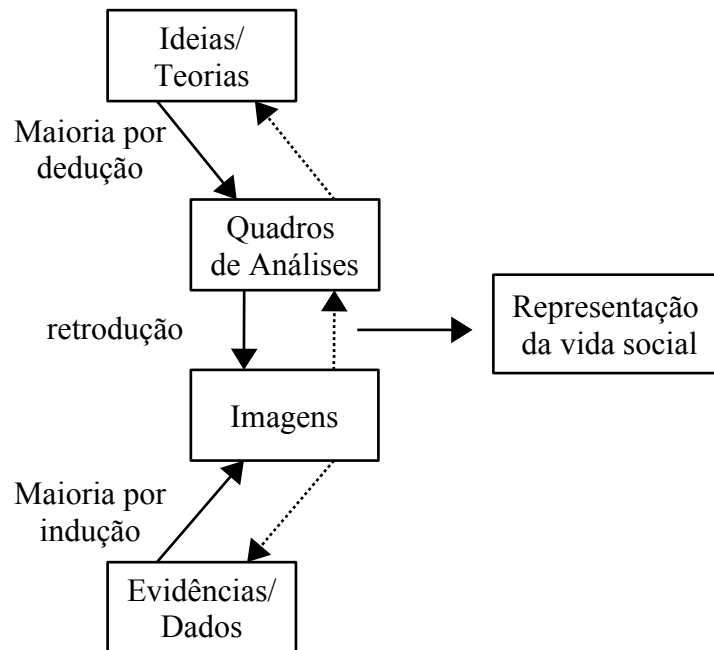
Quadro 5: Os objetivos e estratégias da pesquisa social.

| | Pesquisa Qualitativa | Pesquisa Comparativa | Pesquisa Quantitativa |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Identificar padrões gerais | | Secundário | Primário |
| 2. Testar/refinar teorias | Secundário | Secundário | Primário |
| 3. Fazer previsões | | Secundário | Primário |
| 4. Interpretar a significância | Primário | Primário | |
| 5. Explorar a diversidade | Secundário | Primário | Secundário |
| 6. Dar voz | Primário | | |
| 7. Avançar teoricamente | Primário | Primário | Secundário |

Fonte: Ragin e Amoroso (2010).

A partir deste contexto de estratégias de pesquisa, Ragin e Amoroso (2010), propuseram o modelo de análise interpretativo para a pesquisa social. A base do modelo interpretativo são as evidências ou dados, as ideias estão no topo do modelo e elas representam as diversas teorias utilizadas nas pesquisas.

Figura 8: Modelo interpretativo para condução de pesquisa científica.



Fonte: Adaptado de Ragin e Amoroso (2010).

No modelo apresentado na Figura 8, as evidências interagem com as imagens, constituídas a partir dos dados ou das observações (processo indutivo), já as ideias interagem com os quadros analíticos que são constituídos dos esquemas ou esboço de uma teoria (processo dedutivo). O processo de síntese dos quadros de análises e das imagens podem resultar em avanço na representação dos fenômenos pesquisados e nas estratégias estabelecidas por meio da retrodução.

A partir desta perspectiva, de construção metodológica, Ragin (2014), aponta o método de análise comparativa como sendo adequado para a pesquisa de processos complexos e diversos, no qual as generalizações probabilísticas não se encaixam. Nesse sentido, o objetivo é reconhecer as relações causais e não só as correlações entre os fatos, ou seja, contextualizar as múltiplas causas e conjunturas sociais (econômicas), que envolve diferentes condições para que o fenômeno pesquisado ocorra. Como nas ciências sociais as relações com os objetos de pesquisa não permitem, em quase totalidade dos casos, o controle das variáveis e do ambiente de análise. Nesse sentido, a teoria dos conjuntos fuzzy, segundo o autor, fornece a flexibilidade para lidar com problemas da pesquisa social, permitindo estabelecer as relações de causalidades e mensurá-las mesmo nas situações onde a quantidade de dados não seja grande, ou mesmo, quando possua uma distribuição assimétrica.

Haja vista as abordagens estabelecidas por Ragin e Amoroso (2010) e a proposição do método comparativo como uma estratégia de pesquisa social. Além da relação estabelecida por Ragin (2014) entre o método comparativo com os conjuntos fuzzy. O caminho

metodológico que a dissertação faz procura coadunar dois pontos de vistas, um voltado para a diversidade e o outro para a análise por meio de conjuntos fuzzy. De acordo com a Figura 8, o modelo analítico desta pesquisa parte da sedimentação teórico da firma neo-schumpeteriana para um quadro de análise da capacidade absorptiva. Por outro lado, a partir de um conjunto de dados sobre inovação da indústria brasileira, propõe-se um modelo de análise por meio de conjuntos fuzzy para mensurar a capacidade absorptiva. Estes dois caminhos são operacionalizados pelo uso de conjuntos fuzzy, tanto como uma possibilidade de análise das diferentes configurações de causalidades, quanto para estabelecer um sistema de inferência Mamdani para captar a capacidade absorptiva da firma.

4.2 A TEORIA DOS CONJUNTOS APLICADA PARA ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE CONHECIMENTO TECNOLÓGICO

Segundo Fiss (2007) o uso da Teoria dos Conjuntos em associação à álgebra booleana pode ser empregada para analisar as diferentes configurações das organizações, ou seja, estas duas ferramentas podem ajudar a compreender melhor como as variáveis são combinadas para diferentes situações, contribuindo para que o pesquisador construa as relações entre os subconjuntos das variáveis de interesse em consonância com a base teórica. Nesse contexto, a álgebra booleana é um subconjunto de álgebra convencional, ou seja, ela está dentro do campo de análise da matemática, representando as variáveis por meio de valores semânticos, como verdadeiro ou falso, que quando combinados com conectivos e operadores formam a tabela verdade. Esta por sua vez, é uma série de combinações lógicas entre os possíveis valores verdadeiros ou falsos das variáveis (PAYNE; ZACHARY; LAFONT, 2014).

Ragin (2008) considera alguns aspectos adicionais para a abordagem booleana, principalmente quanto ao seu uso para solução de casos complexos. Para tanto, o autor entende que alguns passos são importantes para o uso desta metodologia: (1) a construção de uma tabela verdade; (2) determinar as implicações principais; e (3) usar as implicações principais para desenhar as implicações essenciais. No entanto, Ragin ressalta que a equação resultante é apenas uma relação lógica da minimização das expressões booleanas e que para as pesquisas sociais o resultado da tabela verdade deve ser interpretado como uma relação de necessidade e suficiência.

Fiss (2007) segue os passos descritos por Ragin (2000), mas com o foco nas diferentes configurações das empresas, para que se possa encontrar as implicações das combinações possíveis em certo resultado, no seu caso, a alta performance organizacional. Sendo assim, segundo o autor, a construção da tabela verdade e a listagem das possíveis configurações das variáveis, devem estar de acordo com a base teórica e com o conhecimento sobre o assunto,

além das possíveis relações que geram o resultado final esperado, pois é através desses resultados que a minimização das proposições será constituída e permitirá que seja feita a redução lógica dos fatos considerados verdadeiros. No entanto, a sintaxe da causalidade lógica pode ser distribuída tanto com relação à necessidade, quanto à suficiência em um determinado resultado, ou ainda, nos casos em que, mesmo que seja apontado a suficiência não seja encontrada necessidade, ou o contrário, se for apontada a necessidade, mas não há suficiência de certas combinações. E finalmente a redução pode indicar que as possíveis combinações das variáveis não sejam necessárias e nem suficientes para produzir um tal resultado (RAGIN, 2008).

Para visualizar como o procedimento metodológico por meio da análise booleana pode ser implementado, em termos das combinações hipotéticas para relações causais da capacidade absorptiva, a construção de uma tabela verdade utilizando as dimensões propostas por Zahra e George (2002) facilita a visualização dessas capacidades que em conjunto correspondem à capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico em um ambiente dinâmico. Sendo assim, essas dimensões são: Aquisição (AQ); Assimilação (AS); Transformação (TR); e Exploração (EX). Os dois autores, ainda complementam essa análise das dimensões classificando-as em dois outros grupos. O primeiro de Capacidade Potencial (PO) condizente com a aquisição e assimilação de conhecimento externo, e o segundo, diz respeito à Capacidade de Realização (RE), que está em função da transformação e exploração das capacidades adquiridas em consonância com os conhecimentos técnicos *a priori* da organização.

Para a construção da tabela de relações causais, os procedimentos seguem a lógica de construção de proposições para a tabela verdade, com redução através da minimização das expressões da lógica clássica. Fiss (2007) faz uma tabela semelhante utilizando o procedimento de redução com o Algoritmo Quine-McCluskey²⁶, comumente utilizado na simplificação de conjuntos e que permite encontrar as combinações hipotéticas das características organizacionais, no caso do autor, as que produzem uma alta performance organizacional. Na Tabela 1, é apresentado um exercício semelhante para a Capacidade de Absorção Tecnológica (CAT), visando exemplificar a lógica da análise da teoria dos conjuntos e da álgebra booleana, onde os resultados são combinações entre os subconjuntos de variáveis que teoricamente condizem com a capacidade absorptiva das firmas. Sendo assim, foram construídas relações com base em lógica clássica para as quatro capacidades AQ, AS, TR e

26 O Algoritmo de Quine-McCluskey foi desenvolvido na década de 1950 por Edward J. McCluskey e Willard Van Orman Quine. O método permite que sejam determinadas as funções de primeira implicação dos conjuntos e a sua cobertura mínima, sendo utilizado para a resolução de problemas de lógica (KATZ; BORRIELLO, 2005).

EX, que geram as capacidade *PO* e *RE*, sujeitas as condições de ocorrência (*I*) ou não ocorrência (*0*) de umas das quatro capacidades e das duas dimensões para se ter como resultado causal total a capacidade de absorção tecnológica. Caso a relação entre a ocorrência dos antecedentes seja uma das condições hipotéticas para se encontrar *CAT*, tem-se o consequente *I*, do contrário será *0*, ou seja, a relação antecedente não causa *CAT*.

Tabela 1: Combinações hipotéticas para relações causais da capacidade absorativa.

| Nº | Capacidade Potencial | | | Capacidade Realizada | | | Capacidade Absortiva: $PO \wedge RE \rightarrow CAT$ |
|-----|----------------------|-----------|------------------|----------------------|-----------|------------------|---|
| | <i>AQ</i> | <i>AS</i> | $\rightarrow PO$ | <i>TR</i> | <i>EX</i> | $\rightarrow RE$ | |
| 1ª | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2ª | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3ª | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4ª | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5ª | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 6ª | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 7ª | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8ª | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9ª | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10ª | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11ª | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12ª | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13ª | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 14ª | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 15ª | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 16ª | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaboração do autor com base em Fiss (2007).

Na Tabela 1, temos os conjuntos organizados de acordo com as dimensões propostas por Zahra e George (2002), onde são atribuídos valores para cada proposição, se umas das capacidades estiver presente na combinação de *CAT* apresentará (*I*), do contrário (*0*). Como resultado da tabela temos um indicativo hipotético da capacidade absorativa de conhecimentos tecnológicos. Nesse sentido, com as quatro capacidades e duas dimensões, dezesseis combinações são logicamente possíveis de serem estabelecidas. Dessas forma, a 1ª combinação indica a presença de todas as capacidades como um requisito mínimo de implicação, já na 3ª e 9ª combinação, foi estabelecido no mínimo a capacidade de exploração e de assimilação para se obter *CAT*, mas estas duas combinações são obtidas de forma

arbitrária, pois os pesos foram modificados para se exemplificar as diferentes configurações que possam existir em dados reais, mesmo em uma análise binária.

Tendo a lógica clássica como referência para a construção da tabela verdade com as relações causais, e usando o conectivo lógico de conjunção (\wedge) as relações da Tabela 1 podem ser sumarizadas na forma binária $\{0; 1\}$, indicando a presença ou ausência de uma condição causal. No exemplo hipotético para capacidade absorviva termos que AQ , AS , TR e EX são ambos subconjuntos que pertencem ao conjunto CAT , ou seja, para que as empresas possuam certa capacidade de absorver conhecimento tecnológico, algumas dessas características devem ser necessárias e suficientes como condição causal. Essas relações podem ser expressas em termos lógicos como:

$$AQ \wedge AS \wedge TR \wedge EX \rightarrow CAT \quad (2)$$

Onde: a conjunção (\wedge) é o operador lógico denotado por “e”, enquanto (\rightarrow) denota o operador lógico de condicionalidade ou de “se...então” das relações. Esta relação pode ser lida como AQ e AS e TR e EX implicam CAT , ou no caso das duas dimensões PO e RE implicam CAT . Essas relações para se obter o resultado de CAT pode ser feita utilizando os outros operadores da lógica clássica.

George e Yuan (2008) descrevem formalmente as relações para um conjunto binário, como as relações acima especificadas, partindo da representação de um *conjunto universo*, denotado por U . Este conjunto contém todos os elementos possíveis, como exemplificado na Tabela 1, e que possa formar o subconjunto CAT . O conjunto que não possui membros é chamado o conjunto vazio, denotado por \emptyset . Para indicar que um objeto particular x é membro ou elemento do subconjunto, aqui denominado por CAT , se escreve esta relação como, caso não seja um elemento do conjunto. Os autores apontam que existem três métodos básicos que podem expressar um dado conjunto universo U :

1. Definindo nominalmente todos os membros. A representação do subconjunto hipotético para CAT , cujos membros são AQ , AS , TR , e EX , este subconjunto pode ser escrito como $CAT = \{AQ, AS, TR, EX\}$.
2. Outra forma comum de representação é $CAT = \{x | P(x)\}$, onde o símbolo $|$ denota nominalmente a frase “de modo que”. A proporção de que x possui é denotado por $P(x)$. Isso significa que, CAT é definido por esta notação como um subconjunto de todos os elementos de U , para os quais a proporção $P(x)$ for verdadeira. Esta propriedade requer que P seja, de tal modo, que para qualquer $x \in U$, a proporção $P(x)$ também seja verdade.

3. Um conjunto pode ser definido como uma *função característica*, na qual se declara que os elementos pertencentes de U são membros do conjunto ou não. E o subconjunto CAT é definido como uma função característica da seguinte forma:

$$\mu_{CAT}(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \in CAT \\ 0 & \text{para } x \notin CAT \end{cases} \quad (3)$$

Esta função mapeia os elementos de U para os elementos do conjunto $\{0,1\}$, que pode ser expresso formalmente como:

$$\mu_{CAT}: X \rightarrow \{0,1\} \quad (4)$$

Para $x \in U$, quando $\mu_{CAT}(x) = 1$, x é considerado um membro de CAT ; quando $\mu_{CAT}(x) = 0$, x é considerado um não membro de CAT . Nos termos apresentados na tabela verdade essa relação binária pode ser transcrita da seguinte forma: quando o elemento for Sim, denota (1); quando for Não, denota (0). O resultado é análogo à formalização para os conjuntos feita acima, pois ambas são representações das relações de combinações possíveis de elementos de um conjunto universo que tenha como solução $\{1,0\}$ ou $\{\text{Sim}, \text{Não}\}$, no sentido de pertencimento ou não ao conjunto.

Com a descrição acima, pode-se visualizar melhor as relações da lógica clássica e das operações feitas para se encontrar as combinações de cada elemento que implique o subconjunto CAT . Isso significa que a estrutura de condições e causas que geram uma possibilidade organizacional que amplie a capacidade absorptiva de uma firma pode ser entendida e estudada tendo como referências a teoria dos conjuntos e a álgebra booleana.

Algumas definições são importantes para se familiarizar com a teoria dos conjuntos, elas são definidas de acordo com Bispo *et al* (2011):

- **Proposições:** Um enunciado ou qualquer sentença declarativa que assume um dos dois valores, verdadeiro ou falso;
- **Tautologia:** O valor lógico é sempre verdade, independente do valor lógico das proposições simples que a compõem;
- **Contradição:** Se o valor lógico for sempre falso, independente do valor lógico das proposições simples que a compõem;
- **Contingência:** Quando o valor lógico pode ser verdadeiro ou falso, dependendo do valor de suas proposições simples;
- **Argumento:** Conjunto de n proposições, e uma delas é consequência e dependente das demais.

As definições descritas acima, servem de referência para a visualização em termos de lógica das relações causais e as suas condições, para que as possibilidades sejam interpretadas

como combinações de elementos e não apenas uma condição aritmética convencional. Outro ponto que precisa ficar evidente é que a lógica clássica, a álgebra booleana e a teoria dos conjuntos conversam entre si, e mesmo que elas usem nomenclaturas distintas os significados básicos são correspondentes, ou seja, aparecem da mesma forma para a resolução de problemas de lógica. No Quadro 6 essa relação fica mais evidente.

Quadro 6: Operadores básicos para teoria dos conjuntos.

| Operadores | Proposições Lógica | Álgebra Booleana | Teoria dos Conjuntos |
|------------|---|------------------------|-----------------------|
| E | Conjunção \wedge | Multiplicação $*, (.)$ | Interseção \cap |
| OU | Disjunção \vee | Adição $+$ | União \cup |
| NÃO | Complemento \neg, \sim | Negação $1-D$ | Conjunto Negativo |
| Inclusão | Relação Se – então \rightarrow, \Rightarrow | | Subconjunto \subset |

Fonte: Schneider e Wagemann (2012).

Os três primeiros conectivos são ditos completos, pois os outros conectivos binários podem ser estruturados por meio deles. Em outras palavras, por meio dos conectivos E, OU e NÃO, as relações lógicas de tautologia, contradição e contingência podem ser encontradas (ASHBACHER, 2002). As possibilidades fundamentais para as operações de conjuntos binários e que usam os operadores básicos aplicados na lógica clássica, na álgebra booleana e na teoria dos conjuntos são descritas no Quadro 7.

Quadro 7: Operações de conjunto básicas.

| | |
|--|--|
| Involução | $\bar{A} = A$ |
| Comutatividade | $A \cup B = B \cup A$ |
| Associatividade | $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$ |
| Distributiva | $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ |
| Idempotente | $A \cup A = A$ |
| Absorção | $A \cap (A \cup B) = A$ |
| Absorção por conjunto universal X e conjunto vazio \emptyset | $A \cup X = X$; $A \cap \emptyset = \emptyset$ |
| Identidade | $A \cup \emptyset = A$; $A \cap X = A$ |
| Lei de Contradição | $A \cap \bar{A} = \emptyset$ |
| Lei do Terceiro Excluído | $A \cup \bar{A} = X$ |
| Lei de Morgan | $\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$ |

Fonte: Elaborado com base em George e Yuan (2008).

Para a análise de condições causalidade e do resultado dessas associações com cada configuração lógica (como demonstrado), as tabelas verdades são ferramentas-chave, ou seja, são estruturas que permitem compreender melhor as configurações causais, identificando

conexões explícitas entre as combinações possíveis, além de poderem ser utilizadas em novas proposições de análises dependendo, evidentemente, das hipóteses e dos resultados encontrados, dos casos relevantes e do conhecimento do pesquisador sobre o objeto estudado (RAGIN, 2008).

4.2.1 Análise Comparativa de Qualidade (QCA)

Para estudar as questões sociais que geralmente fogem ao escopo das análises estatísticas, Ragin (2000) desenvolveu uma metodologia de Análise Comparativa de Qualidade (*Qualitative Comparative Analysis*) voltada para as ciências sociais e que parte da metodologia empregada pela tabela verdade através de proposições da lógica Booleana e que possibilita a comparação de casos. Neste sentido, o método de análise QCA utiliza dados binários, que podem ser representados na forma de tabela verdade, onde são utilizados os operadores da lógica Booleana para se encontrar as minimizações dos conjuntos, além de associar os resultados aos princípios de necessidade e suficiência.

Contextualizando a construção epistemológica do método QCA, Ragin (2014) estabelece uma linha teórica com as metodologias de investigação dos séculos XVIII e XIX, tendo como fundamentação para o método, David Hume e em particular com John Stuart Mill, com os métodos de agregação e de diferenciação, sendo que a primeira parte é a eliminação de todas as similaridades e o segundo estabelece a ausência de um efeito ou causa comum, mesmo que as circunstâncias sejam ideais.

Contudo, assim como outras modelagens, trabalhar com a teoria dos conjuntos e com QCA possui limitações, pois se utiliza a percepção e o conhecimento do pesquisador como ponto de partida, além dos conceitos já estabelecidos na ciência sobre um determinado assunto a ser compreendido na análise. O contraste entre QCA e a metodologia estatística, ressaltados por Ragin (2008) e Fiss (2007), é que a primeira utiliza álgebra Booleana, enquanto a outra usa álgebra linear, logo, enquanto uma busca relação de causalidade entre as variáveis do conjunto, com conectividades assimétricas, a segundo encontra correlações²⁷ de variáveis simétricas, mas ambos os métodos estão sujeitos aos ruídos dos dados e aos erros de mensuração.

As diferenças entre as álgebras linear e a booleana são pautadas pela abordagem dada na construção matemática, as duas são utilizadas em abstrações de problemas e de conjuntos de elementos, mas o enfoque da primeira é a construção de medidas de distância e espaços

²⁷ Ragin (2008) esclarece que o termo correlação, o qual ele está se referindo, diz respeito ao exame de forças de associação entre duas variáveis, ou seja, ele não vislumbra, portanto, refutar a correlação calculada por Pearson.

entre pontos bem definidos, enquanto a booleana lida com as estruturas e as combinações possíveis dos elementos de um conjunto ou dos subconjuntos.

Em outros termos, o método estatístico apesar de dispor as variáveis em conjuntos, as relações procedentes para explicar um dado resultado tem por base a Lei dos Grandes Números (LGN) e a correlação ou associação linear entre as variáveis, estes procedimentos incorporam o método de análise da probabilidade. Em termos de análise econômica essa abordagem está diretamente ligada com os modelos econométricos, este por sua vez, além de usar os pressupostos da estatística, são constituídos por inferências alicerçadas na álgebra linear.

A relação da LGN pode ser explicitada pela convergência probabilística de variáveis aleatórias, como descrevem Casella e Berger (2002):

- Uma sequência de variáveis aleatórias, converge em probabilidade para uma variável aleatória X , se para todo $\varepsilon > 0$,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(|X_n - X| \geq \varepsilon) = 0 \quad \text{ou} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} P(|X_n - X| < \varepsilon) = 1 \quad . \quad (5)$$

A consistência da LGN é pautada no comportamento das variáveis, onde se define que

$$E(X_i) = \mu \quad \text{e} \quad Var(X_i) = \sigma^2 < \infty \quad . \quad (6)$$

Em termos econométricos, dada uma função linear

$$Y = \alpha + \beta X_i \quad (7)$$

em que α seja uma constante e β seja um estimador linear não viesado com distribuição assintótica, a LGN pode ser compreendida por meio do limite de probabilidade do estimador. Logo em termos de inferência estatística, pode-se dizer que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(|\hat{\beta} - \beta| < \delta) = 1 \quad \delta > 0 \quad \text{ou} \quad plim_{n \rightarrow \infty} \hat{\beta} = \beta \quad . \quad (8)$$

No entanto, “uma relação estatística por si própria não implica logicamente uma causalção”, pois mesmo que a análise de regressão linear demonstre a dependência de duas ou mais variáveis, a percepção de uma relação causal deve vir de fora da estatística. Mas cabe destacar que, a força de associação linear entre duas variáveis apesar de estar relacionada com a análise de regressão, são diferentes conceitualmente, pois na análise de regressão existe uma assimetria na forma como as variáveis dependentes (estocásticas) e explanatórias (não estocásticas) são tratadas, por outro lado, na análise de correlação não há distinção entre as variáveis dependentes e explanatórias pois ambas são consideradas aleatórias (GUJARATI; PORTER, 2011).

Ragin (2008) pontua que a correlação não é uma simples estatística bivariada, ela seria a pedra fundamental da maior parte das pesquisas sociais que estão pautadas na orientação de

associação de variáveis. Essas inferências, são constituídas por meio de matrizes de correlações bivariadas, das médias e dos desvios padrões das variáveis dessas matrizes, sendo indispensável para a computação de análises de regressões complexas, para análise fatorial e mesmo na estruturação de modelos. Apesar da técnica quantitativa sofisticada, acabam pondo de lado o estudo de conexões explicitadas como são utilizadas na teoria dos conjuntos.

Para que a análise de estatística correlacional seja possível, a álgebra linear é o instrumental indispensável, pois a correlação pode ser entendida como uma medida do grau de relacionamento linear entre variáveis aleatórias. Estas variáveis podem ser sumarizadas por meio dos vetores de média e de matrizes de variância e covariância.

Em termos matriciais, o vetor de médias é definido por

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \vdots \\ \bar{X}_p \end{bmatrix}, \text{ cuja a transposta é } \bar{X}' = [\bar{X}_1 \ \bar{X}_2 \ \dots \ \bar{X}_p] . \quad (9)$$

Já a matriz de variância e covariância possui as seguintes definições

$$Var(X) = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \sigma_{pp}^2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

onde X_1, X_2, \dots, X_p são as variáveis aleatórias $\sigma_{11}^2, \sigma_{22}^2, \dots, \sigma_{pp}^2$ são as respectivas variâncias e $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \dots, \sigma_{pp}$ as covariâncias.

Finalmente, a matriz de correlação será

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & 1 \end{bmatrix} . \quad (11)$$

Em resumo, a análise de correlação é caracterizada por matrizes simétricas, onde a matriz de variância e covariância possui os elementos do triângulo superior igual aos do triângulo inferior, na diagonal principal estão as variâncias das variáveis e os elementos fora da diagonal principal são as covariâncias. Já a matriz de correlação possui na diagonal principal a correlação de uma variável com ela mesma, por isso o seu valor é 1, e fora da diagonal principal as correlações dos pares de variáveis.

Ocasionalmente ao se comprimir os dados para realização de uma análise pautada pela correlação das variáveis algumas informações são perdidas, além disso, a inferência é feita em

termos de probabilidade ou de dependência estatística, isso implica que as relações causais estão fora do escopo da técnica.

Em contraste a álgebra booleana que dá suporte ao método QCA é uma ferramenta de análise das estruturas causais, que lida com relações axiomáticas e de heurística das variáveis e com as propriedades de causas diversificadas e as suas condições, ou seja, se pauta na orientação de causalidades lógicas. Por isso, as tabelas verdades são importantes, pois são através delas que é possível visualizar os diferentes caminhos possíveis para se obter um resultado configuracional (RAGIN, 2008).

Ragin (2014) contextualiza a técnica do QCA como caminhos causais diferentes que levam a um mesmo resultado em termo de múltiplos caminhos e conjecturas ou combinações possíveis, ou seja, uma “múltipla conjectura causal em uma casca-de-noz”, que ele define em três tópicos:

1. Frequentemente, é uma combinação de condições causalmente relevantes que geram um resultado $(AB \rightarrow Y)$.
2. Várias combinações diferentes de uma condição podem produzir o mesmo resultado $(AB + CD \rightarrow Y)$, em que + indica o operador booleano OU.
3. Dependendo do contexto, um dado resultado pode ser oriundo de uma condição, quando esta está presente ou mesmo ausente, mas também $(aC \rightarrow Y)$. Neste exemplo, [A] combinado com [B] produz um resultado [Y], mas a ausência [a] combinado com [C] também produz o mesmo resultado [Y].

Essa múltipla possibilidade de conjecturas contém a noção de equifinalidades que fora apontado por Fiss (2007) como uma distinção do método de análises de conjuntos e que significa, segundo Ragin (2014), às diferentes combinações de caminhos que podem levar para o mesmo resultado. Neste sentido, é importante ter em mente, segundo Ragin, que o QCA não adota alguns dos pressupostos básicos que alicerçam as abordagens estatísticas, pois no método não são assumidos uma causalidade permanente; assim como também uma uniformidade entre causa e efeito; não se assume que haja uma unidade homogênea; logo não se assume uma aditividade dos casos, pois não há uma variável padrão homogeneizada; e isso implica que a relação de causalidade simétrica não é incorporada, já que os casos são heterogêneos e não aditivos. As relações de causalidade das múltiplas conjecturas são apontadas para caracterizar os diferentes caminhos para se obter um resultado entre as possibilidades condicionais e podem ser visualizadas também em termos de necessidade e suficiência, no Quadro 8.

Quadro 8: Diferentes tipos de causalidades em um nível.

| Causalidade Simples | Semântica Convencional | Forma Lógica | Forma Alternativa |
|----------------------------------|---|---|--|
| Necessidade | <i>Apenas se X então Y:</i> X necessariamente causa Y | $(Y \rightarrow X)$ $(CAT \rightarrow PO \wedge RE)$ | $(\neg X \rightarrow \neg Y)$ $(\neg PO \wedge \neg RE \rightarrow \neg CAT)$ |
| Suficiência | <i>Se X então Y:</i> X suficientemente causa Y | $(X \rightarrow Y)$ $(PO \wedge RE \rightarrow CAT)$ | $(\neg Y \rightarrow \neg X)$ $(\neg CAT \rightarrow \neg PO \wedge \neg RE)$ |
| Necessidade e Suficiência | <i>Se e apenas se X então Y:</i> X é necessário e suficiente para causar Y | $(X \rightarrow Y) \wedge (Y \rightarrow X)$ | $(X \rightarrow Y) \wedge (\neg X \rightarrow \neg Y)$ |

Fonte: Elaborado com base em Arfi (2010).

O Quadro 8 demonstra as possibilidades de caminhos em termos de causalidades simples para a necessidade e suficiência, comparando duas condições [X] e [Y] ou as condições para CAT em comparação com PO e RE como relação de necessidade e suficiência causal, e as suas relações lógicas para um resultado específico que podem ser descritas de forma semântica, lógica e alternativa. O importante é perceber que o inverso de um caminho causal (forma lógica) é o de não causalidade (forma alternativa). Isso é importante no estudo de fenômenos quando se deseja conhecer o insucesso nas condições de causalidade, por exemplo, se uma firma possui ou não capacidade de absorver conhecimentos tecnológicos. Nesse sentido, as condições lógicas pré-determinadas pelo pesquisador em diálogo com teoria e evidência empírica de estudos anteriores vão produzir os resultados em termos de necessidade e suficiência de uma combinação causal.

Uma causa é definida como necessária se ela deve estar presente para que um resultado ocorra. Uma causa é definida como suficiente se, por si só, pode produzir um determinado resultado. Essa distinção é significativa apenas no contexto das perspectivas teóricas. Nenhuma causa é necessária, por exemplo, independente de uma teoria que a especifique como uma causa relevante. Nem a necessidade nem a suficiência existem independentemente das teorias que propõem as causas. A necessidade e suficiência são geralmente consideradas conjuntamente porque todas as combinações dos dois são significativas. Uma causa é necessária e suficiente se for a única causa que produz um resultado e, por isso, é singular (isto é, não é resultado de uma combinação de causas). Uma causa é suficiente, mas não é necessária, se for capaz de produzir o resultado, mas não é a única causa com essa capacidade. Uma causa é necessária, mas não suficiente, se for capaz de produzir um resultado em combinação com outras causas e aparece em todas essas combinações. Finalmente, uma causa não é necessária nem suficiente se aparece apenas em um subconjunto das combinações de condições que produz um resultado. No total, existem quatro categorias de causas (formadas a partir da tabulação cruzada da presença/ausência de suficiência em relação à presença/ausência de necessidade). (RAGIN, 2008, p.42-43)²⁸

28 Tradução livre.

Contudo, uma das críticas ao método de conjuntos nítidos²⁹ QCA, é que ela está pautada na necessidade de polarizar as relações de causalidade em absoluta falsidade ou verdade. Isto, por sua vez, poderia acarretar perdas de informações empíricas ou mesmo reduzir a robustez do método, pois a maior parte dos fenômenos sociais para os quais ele analisa não estão dispostos em forma binária (SCHNEIDER; WAGEMANN, 2012).

No entanto, o QCA pode ser uma ferramenta adequada para a análise da firma em termos evolucionários, pois possibilita entender como as firmas são constituídas, dado que elas não são plenamente homogêneas e possuem características diversas. Em face deste cenário, que pode ser apresentado como complexo, mas que ao mesmo tempo possui comportamentos regulares, Ragin (2000), pontua que o estudo de casos e as diversidades desses são tão importantes quanto as pesquisas que os homogenizam, pois estas últimas podem decorrer das análises de algum comportamento estudado de forma mais profunda nos estudos de casos ou na comparação entre casos.

Ainda no que diz respeito a diversidades, o método QCA pode ser aplicado tanto em análises com N pequeno e pautada em aspectos qualitativos, quanto em casos com aspectos mais quantitativos. Fiss (2007) argumenta que o método da teoria dos conjuntos é capaz de examinar melhor equifinalidades, ou seja, casos que possuem um mesmo resultado, por exemplo a absorção tecnológica, mas que partem de condições distintas ou diversas, pois permite que o pesquisador examine de forma mais extensiva as combinações dos elementos, no caso das firmas, detectando similaridades nos diferentes arranjos e por consequência compreendendo em maiores detalhes a classificação de causalidade.

Portanto, o QCA por ser parte matemático analítico e conceitual linguístico, permite reforçar a construção de um método mais preciso para expressar as relações entre conjuntos e as causalidades nas pesquisas e teorias sociais, os fenômenos de interesse dessas pesquisas variam por nível e grau (RAGIN, 2000; FISS, 2007). Isso significa que para algumas variáveis como participação nos lucros e rotatividade de empregados os conjuntos binários são adequados, mas em conjuntos como alta performance de organizações (ou a capacidade absorptiva, objeto desta pesquisa) elas podem ser mensuradas por diferentes caminhos, logo, requerem uma outra forma de codificação (FISS, 2007). Segundo Ragin (2014), mesmo que inicialmente este método tenha sido criado para N pequeno e para casos no nível macro, ele lida bem com casos intermediários e com N grande no desenvolvimento de análises de casos em nível meso e micro.

29 Nítidos no sentido dicotômico ou binário, sendo denominados Crisp-sets ou csQCA por Ragin (2000).

4.2.2 Conjuntos Fuzzy e o fsQCA

Para os casos de conjuntos que não podem ser organizados da forma binária, Zadeh (1965) propôs os conjuntos fuzzy, que podem ser entendidos como conjuntos que não possuem uma definição precisa de pertencimento a um grupo, ou seja, são classes de objetos encontrados no mundo “físico” que estão em algum formato contínuo e graduado de pertencimento. Outra qualidade dos conjuntos fuzzy ou nebulosos é trabalhar com variáveis linguísticas (alto, quente, aprendizado, capacidade, absorção), que são de difícil mensuração quando o ambiente não condiz com as ações mecânicas e deterministas, mas que podem ser traduzidas através dos conjuntos fuzzy em números ou quantidades aproximadas.

Ragin (2008) entende que os conjuntos fuzzy são simultaneamente qualitativos e quantitativos, já que neles podem ser incorporados a duas categorias na calibração dos graus de pertencimento, podendo ainda, serem vistos como variáveis contínuas (um número infinito de valores entre dois valores quaisquer). Como os conjuntos fuzzy extrapolam a relação binária, a expertise do pesquisador é fundamental. Fiss (2007) compreende que a calibragem da performance dos conjuntos devem ser construídas com base em conhecimentos substanciais do objeto pesquisado, assim como, sobre os significados dos valores para o total pertencimento ao conjunto e a sua média, ou o valor relativo, no caso de estudos de desempenho organizacional das firmas.

Os conjuntos fuzzy são definidos por Zadeh (1965) da seguinte forma: Seja X um espaço de pontos (objetos), contendo elementos denotados por x , temos que $X = \{x\}$. Um conjunto fuzzy A é caracterizado como um membro da função $f_A(x)$ que está associado com algum ponto em X , um número real pertencente ao intervalo $[0,1]$, com o qual o valor de $f_A(x)$ para x representa um grau de pertencimento de x em A . Quando A for um conjunto ordinário, assumirá apenas dois valores, 0 ou 1, com $f_A(x) = 1$ ou $f_A(x) = 0$ de acordo com o pertencimento ou não ao conjunto A .

Um dos avanços na teoria dos conjuntos, implementado por Zadeh (1965) em relação aos pressupostos já existentes é que nele a possibilidade de combinação lógica não se restringe a lei do terceiro excluído, mantendo a compatibilidade com as operações básicas da lógica clássica. Isso significa, segundo Ashbacher (2002) que os conectivos E, OU e NÃO, assim como relações lógicas de tautologia e contradição continuam valendo na lógica fuzzy. As mudanças mais marcantes são para os valores lógicos intermediários.

Sendo assim, as operações com conjuntos fuzzy podem ser expressas de acordo com a equação (2),

$$\mu_{CAT}(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \in CAT \\ 0 & \text{para } x \notin CAT \end{cases} \quad (12)$$

onde $\mu_{CAT}(x)$ pode ser interpretado como o grau de pertinência do elemento x no conjunto fuzzy CAT para $x \in U$.

Logo, se diz que um conjunto fuzzy é uma classe que admite a possibilidade de membros parciais, ou seja, tendo $U = \{x\}$ denotando um espaço de objetos, implica que um conjunto fuzzy CAT em U é um conjunto de pares ordenados, de acordo com Kandel (1986), que segue a seguinte forma, adaptado ao exemplo aqui adotado

$$CAT = \{(x, \mu_{CAT}(x)) | x \in U\} \quad (13)$$

onde como descrito acima, denota o grau de pertencimento ou de associação ao conjunto, com [0] sendo o não pertencimento e o [1] ao total pertencimento.

As diferenças dos conjuntos crisp³⁰ e fuzzy, são evidenciadas por Ragin (2008) da seguinte forma, no Quadro 9:

Quadro 9: Conjuntos Crisp versus Fuzzy.

| Conjuntos Crisp | Conjuntos Fuzzy | | | |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| | Três Valores | Quatro Valores | Seis Valores | Contínuos |
| 1 = pertencente | 1 = pertencente | 1 = pertencente | 1 = pertencente | 1 = pertencente |
| | | 0.67 = mais dentro que fora | 0.8 = a maior parte, mas não totalmente dentro | Grau de pertencimento é mais dentro que fora $0.5 < X < 1$ |
| | 0.5 = nem totalmente dentro ou fora | | 0.6 = mais ou menos dentro 0.4 = mais ou menos fora | 0.5 = máxima ambiguidade (nem fora ou dentro) |
| | | 0.33 = mais fora que dentro | 0.2 = maior parte, mas não totalmente fora | Grau de pertencimento é mais fora que dentro $0 < X < 0.5$ |
| 0 = não pertence | 0 = não pertence | 0 = não pertence | 0 = não pertence | 0 = não pertence |

Fonte: Adaptado de Ragin (2008, p.31).

O Quadro 9, ressalta que quanto maior a base de conhecimento que constitui os conjuntos, maior será a possibilidade de análise do objeto pesquisado. Como ressaltado por Fiss (2007), o conhecimento substantivo sobre os significados de um desempenho alto, que em termos de conjunto pode ser classificado com um pertencimento máximo, ou o valor máximo e os intermediários é importante na calibragem das análises.

³⁰ Crisp significa que é um valor binário correspondente a 0 (verdadeiro) ou 1 (falso).

Kandel (1986) ainda destaca outras constituições que devem estar presentes em notações sobre conjuntos fuzzy para uma melhor representação de suas relações, tanto discreta quanto não finitas. Neste sentido, um conjunto fuzzy finito CAT em U é expresso como

$$CAT = \mu_{CAT}(x_1)/x_1 + \dots + \mu_{CAT}(x_n)/x_n = \sum_{j=1}^n \mu_{CAT}(x_j)/x_j . \quad (14)$$

Quando U não for finito, pode-se usar a notação

$$CAT = \int_U \mu_{CAT}(x)/x . \quad (15)$$

Como já fora exposto no Quadro 9, os conjuntos fuzzy englobam desde os valores extremos de pertencimento $\{0,1\}$ até os valores graduais entre eles, ou de 0 até 1. Contudo, para saber se um elemento $x \in U$ que pertence ao conjunto fuzzy CAT (como vem sendo descrito), pode ser demandado que o seu valor de associação seja maior que algum limite específico. Kandel (1986) descreve este limite como $\alpha \in (0,1]$, este ponto é chamado de α -cut ou CAT_α de CAT ,

$$CAT_\alpha = \{x \in U, \quad \mu_{CAT}(x) \geq \alpha\} . \quad (16)$$

Outra definição é a forma *forte* α -cut

$$CAT_\alpha = \{x \in U, \quad \mu_{CAT}(x) > \alpha\} . \quad (13)$$

Sendo assim, a função de associação ou de pertencimento de um conjunto fuzzy pode assumir valores graduais como aparecem no Quadro 9, de acordo com a quantidade de valores escolhido para compor a função.

As operações de conjuntos básicas são incorporadas pelos conjuntos fuzzy, mas a sua demonstração relaciona não apenas as funções de pertinência ou de associação entre conjuntos em termos binários, mas sim tendo como referência o α -cut e as gradações entre o total pertencimento e o não pertencimento. Zadeh (1965) descreve as funções para cada tipo de operação com conjuntos fuzzy, sendo as três operações básicas expressas como *união*, *interseção* e *negação* ou *complemento*.

Fazendo uma transposição das operações acima elencadas para absorção de tecnologia da firma em termos de conjuntos, com base na Tabela 1, temos que $PO = AQ + AS$, ou seja, a capacidade potencial com relação às capacidades de aquisição e de assimilação. Considerando que AQ e AS possuem o mesmo peso como subconjuntos para a composição do conjunto PO , implica dizer que $AQ = AS$, ou seja, para se ter uma capacidade potencial as capacidades de aquisição e assimilação possuem a mesma importância. Esta relação pode ser

denotada em termos de função de pertinência μ_{AQ} e μ_{AS} para o conjunto PO . Portanto, a união dos subconjuntos AQ e AS pode ser expressa como

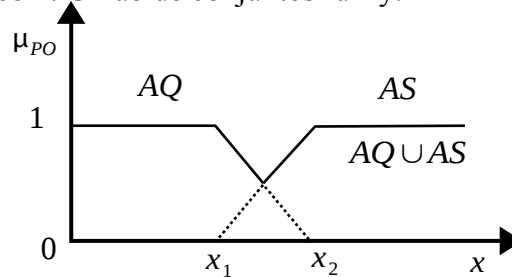
$$\mu_{PO}(x) = \max[\mu_{AQ}(x), \mu_{AS}(x)] \quad x \in U \quad (17)$$

ou de forma abreviada

$$\mu_{PO} = \mu_{AQ} \cup \mu_{AS} \quad (18)$$

Esta função pode ser melhor compreendida no Gráfico 1, onde a união dos conjuntos fuzzy evidencia a relação dos valores máximos.

Gráfico 1: União de conjuntos fuzzy.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo a mesma linha de raciocínio no caso de uma intersecção a expressão $PO = AQ \cap AS$, que pode ser escrita como

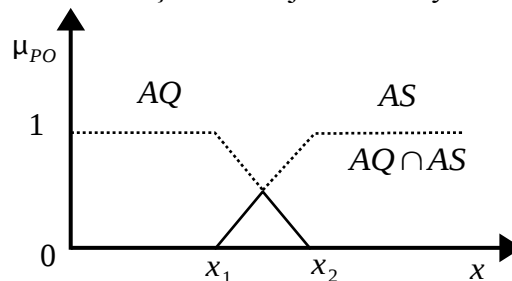
$$\mu_{PO}(x) = \min[\mu_{AQ}(x), \mu_{AS}(x)] \quad x \in U \quad (19)$$

ou de forma abreviada

$$\mu_{PO} = \mu_{AQ} \cap \mu_{AS} \quad (20)$$

Graficamente esta relação pode ser visualizada no Gráfico 2, onde a intersecção dos conjuntos apresenta os valores mínimos de associação.

Gráfico 2: Intersecção de conjuntos fuzzy.



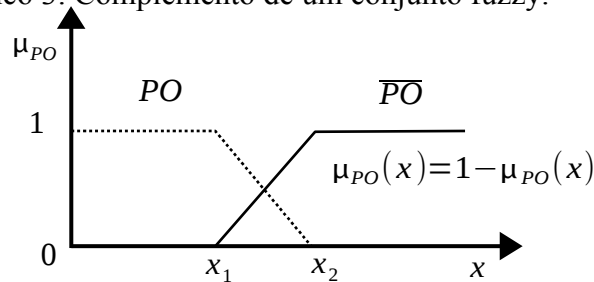
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo como referência as operações de conjuntos acima, para união e intersecção do conjunto PO , pode-se demonstrar que o seu complemento é escrito como

$$\mu'_{PO} = 1 - \mu_{PO} \quad (21)$$

Esta operação é demonstrada no Gráfico 3, onde é definido PO e o seu complemento.

Gráfico 3: Complemento de um conjunto fuzzy.



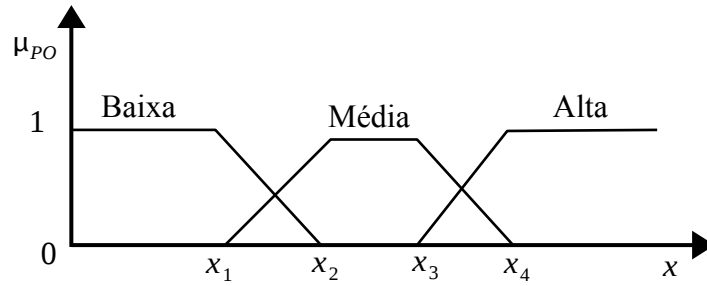
Fonte: Elaborado pelo autor.

As operações acima retratadas indicam como as variáveis dos conjuntos fuzzy compõem as funções de pertinência e indicam em cada caso as condições e limites de pertencimento das variáveis aos conjuntos. Zadeh (1978) aponta que essas restrições podem ser interpretadas como uma distribuição de possibilidades, com as quais cada função de pertinência joga as regras de uma determinada função de distribuição de possibilidades. Essa característica pode ser compreendida no processo de decisões humanas, pois as informações que servem de base para essas decisões estão em termos de possibilidade em vez de probabilidade, ou seja, muitas configurações de interação social não são repetições de configurações anteriores para as quais se tenha base empírica regular ou normal para invocar a probabilidade da ocorrência.

As variáveis linguísticas podem ser incorporadas nas definições até aqui estabelecidas para exemplificar a conceituação de conjuntos fuzzy e as suas operações. Zadeh (1975) entende que uma restrição fuzzy de uma variável base é caracterizada por uma *função de compatibilidade*, a qual pode ser associada com cada valor da variável linguística dentro de um intervalo numérico $[0;1]$, que por sua vez representa a compatibilidade do termo linguístico com uma restrição fuzzy.

A variável linguística no caso é associada com uma variável base que delimitaram as fronteiras entre os conjuntos fuzzy e a interação com a função de compatibilidade para cada valor semântico, assim como os seus respectivos valores quantitativos. Para tornar o conceito mais próximo do caso aqui abordado, uma exemplificação hipotética como apresentado na Tabela 1 e representado no Gráfico 4, em termos de capacidade absorptiva potencial das empresas, seria considerar como variável base o gasto com a aquisição de P&D externo, relacionando com os valores semânticos baixa, média e alta, para indicar em termos linguísticos e quantitativo se ocorre uma capacidade baixa, média ou alta para um determinado gasto.

Gráfico 4: Conjunto fuzzy em termos de valores semânticos.

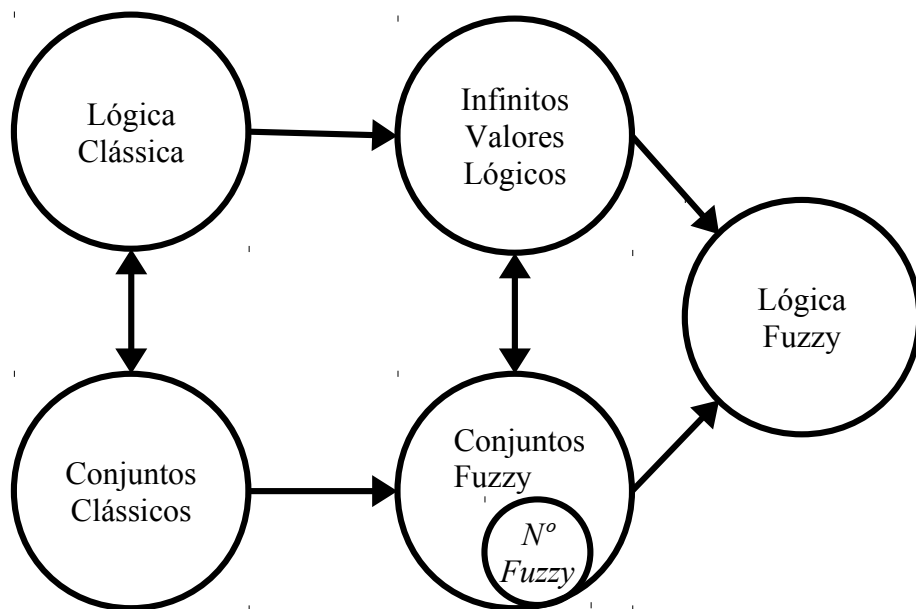


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na representação do Gráfico 4 acima, a capacidade potencial da empresa está associada a valores de X_i para o valor monetário do gasto com P&D externo. Isso implica dizer, em termos hipotéticos, que quanto maior for X_i dentro de um intervalo representando os gastos $[0;1]$, maior é o seu pertencimento no conjunto PO alta.

No entanto, para Zadeh (1975) as variáveis linguísticas devem ser estruturadas de acordo com duas regras: A primeira é a regra sintática, que vai especificar em quais valores linguísticos os conjuntos estão agrupados para que se possa gerar as variáveis. Segundo, é a regra semântica, que vai especificar os procedimentos para computar os significados de quaisquer valores linguísticos. Os significados de cada termo serão configurados *a priori*, ou seja, se uma capacidade é baixa, média ou alta, assim como os seus respectivos valores de associação dentro de um intervalo e também vão determinar a composição dos conjuntos, dependendo, com isto, da base de conhecimento do pesquisador sobre cada caso analisado.

Figura 9: Elementos de lógica fuzzy.



Fonte: Bojadziev (2007).

A conexão entre a lógica clássica, os conjuntos binários, a lógica fuzzy e os conjuntos fuzzy pode ser visualizada no esquema da Figura 9, elaborado por Bojadziev (2007). Portanto, os conjuntos fuzzy e a lógica fuzzy não estão dissociadas da análise que o QCA se propõe, de entender as estruturas causais para as pesquisas sociais. Por isso, as regras para compreender as trajetórias que são estabelecidas pelas configurações dos conjuntos binários também valem, dadas as devidas particularidades, na construção de possibilidades causais de determinados conjuntos de variáveis fuzzy. Sendo assim, as definições para o fuzzy QCA ou fsQCA não diferem muito quanto ao QCA, pois ambos os métodos trabalham com a ideia de conjuntos e as suas relações configuracionais para determinar as causalidades e os caminhos possíveis dado as combinações estabelecidas na construção dos conjuntos como feito na Tabela 1 e no Quadro 8.

O fsQCA no entanto, trabalhará com os conjuntos fuzzy e, com isto, a formação dos conjuntos não será em termos nítidos, falso ou verdadeiro, como os valores binários (0 ou 1), mas sim em termos nebulosos ou com valores graduais entre o total pertencimento (1) a um conjunto e o total não pertencimento (0). Esta metodologia ainda faz uso das condições de necessidade e suficiência das relações para se produzir um determinado resultado causal como demonstrado para o QCA.

Ainda no âmbito da evolução de análise do fsQCA, Ragin (2008) propõem que os resultados devem ser analisados em termos de consistência e cobertura, para saber se os caminhos lógicos encontrados pela tabela verdade são coerentes com a teoria utilizada e com as observações feitas pelo pesquisador. No caso da **cobertura**, o autor pontua que ela indica a força dos parâmetros, ressaltando a relevância empírica ou a importância das conexões da teoria dos conjuntos, pois serve para avaliar o grau de explicação de uma combinação causal para um conjunto de variáveis, ou seja, indica a quantidade de casos resguardados pela solução. Quando se observa múltiplos caminhos para um mesmo resultado encontrado pela inferência, se a cobertura de uma determinada combinação causal for pequena, a sua força de explicação do fenômeno será menor. Já a **consistência**, seria parecida com a significância, pois sinalizaria se há uma conexão empírica ao que se está investigando. Se uma hipotética relação de conjuntos não for consistente, a teoria utilizada pelo pesquisador e sua compatibilização com a conjuntura não podem ser suportadas, pois a combinação de variáveis acionadas não levam ao resultado esperado. A formalização do cálculo de consistência para que uma variável ser suficiente é apresentada da seguinte forma

$$Consist\ência_s(X_i \leq Y_i) = \frac{\sum [\min(X_i, Y_i)]}{\sum (X_i)}, \quad (22)$$

onde *min* indica que os valores selecionados são os menores entre duas variáveis. Quando os valores de X_i são todos pequenos ou iguais aos valores correspondentes de Y_i , o escore de consistência é 1.0; quando existir apenas algumas perdas próximas; o escore é ligeiramente menor que 1.0; quando existir muita inconsistência dos escores, com alguns valores de X_i excedendo consideravelmente os correspondentes valores de Y_i , a consistência pode cair para baixo de 0.5.

Com a delimitação de escores para a cobertura e consistência das relações dos conjuntos, os métodos QCA e fsQCA possibilitam dar mais robustez aos resultados apresentados, pois não serão todas as combinações como apresentadas no Quadro 8, no exemplo hipotético da Tabela 1, que terão uma cobertura e consistência razoáveis para que as combinações causais de *CAT* sejam necessárias e suficientes para explicá-la. A consistência para a suficiência foi expressa pela equação 22, já para a necessidade ela é

$$Consistência_N(Y_i \leq X_i) = \frac{\sum [\min(X_i, Y_i)]}{\sum (Y_i)} \quad (23)$$

Os parâmetros de avaliação dos escores segue a mesma regra que foi usado para a equação 22, de buscar as relações mínimas dos valores das variáveis, só que com relação ao Y_i . Os procedimentos para avaliar a consistência e a cobertura podem ser visualizadas pelas relações do Quadro 10, onde são estabelecidos as diferenças de causalidades para um único nível em relação às necessidades e suficiências.

Quadro 10: Protocolo para avaliação de consistência e cobertura dos conjuntos.

| Tipo de relações teóricas dos conjuntos | | |
|---|--|--|
| Passos | Causa [X] é um subconjunto de resultado [Y] (suficiente). | Resultado [Y] é um subconjunto de causa [X] (necessária). |
| 1 | Avalia a consistência usando: $\sum [\min(X_i, Y_i)] / \sum (X_i)$ | Avalia a consistência usando: $\sum [\min(X_i, Y_i)] / \sum (Y_i)$ |
| 2 | Se for consistente, avalia a cobertura usando: $\sum [\min(X_i, Y_i)] / \sum (Y_i)$ | Se for consistente, avalia a cobertura usando: $\sum [\min(X_i, Y_i)] / \sum (X_i)$ |

Fonte: Elaborado com base em Ragin (2008, p.63)

No Quadro 10, Ragin (2008) resume as relações para a avaliação de necessidade e de suficiência, assim como as relações para aplicação de escores de conjuntos por meio da cobertura e da consistência, coadunando os quatro conceitos e relações. Com isto, as diferentes combinações de causalidade em um determinado conjunto podem ser vistas por meio dessas abordagens, fazendo com que o resultado analítico fique mais robusto em termos

de análise comparativa da qualidade e em termos quantitativos, dado que são obtidos os escores das combinações.

Sendo assim, o fsQCA é um método de análise que pode ser adequado ao estudo dos casos nos quais a preocupação é entender como os processos ocorrem, dado as condições de diversidade e da imprecisão dos termos. Encontrando as combinações causais e a frequência com que elas acontecem, assim como o número de casos cobertos por uma determinada relação de variáveis. Neste contexto, os conjuntos fuzzy servem para ampliar o escopo de análise do QCA, comportando conceitos e variáveis nebulosas, permitindo também que elas sejam agrupadas e classificadas em termos linguísticos (alto, baixo, médio), além de possibilitar uma gradação maior para a transição de um conjunto para outro. Com isso, é possível estabelecer uma descrição das estruturas de causalidades em termos de possibilidade, verificando a necessidade e suficiência das condições para se obter um certo resultado ou consequência das premissas.

4.2.3 Sistema Mamdani

Uma outra forma possível para se mensurar a capacidade de absorção de conhecimento tecnológico e ainda utilizando conjuntos fuzzy, é por meio de um sistema Mamdani. Este sistema pode ser usado nos casos em que as informações do resultado das combinações não estejam disponíveis e, por isso, dificulte verificar os consequentes que geram as condições de necessidade e suficiência de uma relação estabelecida para explicar um problema empírico. Este é um sistema próprio para inferências de conjuntos fuzzy. Sendo assim, mesmo que não seja possível aplicar o método fsQCA para algum caso específico, pode-se fazer uso da construção teórica dos conjuntos e da lógica fuzzy para obter um indicador que forneça referências robustas para as avaliações de determinadas configurações teóricas e de combinações causais.

O modelo proposto por Mamdani e Assilian (1975) teve como objetivo criar um sistema de controle para um pequeno motor a vapor. Contudo, buscavam também um sistema que tivesse capacidade de auto-organização e aprendizado de informações. Para tanto, o modelo precisava assimilar comunicações verbais e suportar a tradução de valores semânticos vagos e não numéricos para controle de seu comportamento. Os autores propuseram então, um sistema de controle fuzzy com base na lógica fuzzy de Zadeh (1973), incorporando ao modelo regras para expressões linguísticas que incrementasse o sistema de controle.

De acordo com Mamdani (1976) o modelo é constituído pela superposição de regras individuais do tipo “Se...Então” para a entrada das informações e que estabelecem a

agregação para os consequentes da saída do sistema. As descrições do modelo proposto pelo autor podem ser transcritas para mensurar a absorção de conhecimento. Por esse ângulo, a capacidade de aquisição (AQ) é descrita como um subconjunto para capacidade absorção tecnológica (CAT), em um conjunto universo de discurso $CAT=\{x\}$, o qual é definido como um mapeamento de $\mu_{AQ}(x): U \rightarrow [0,1]$ pelo qual é atribuído um número de x entre $[0,1]$ indicando a extensão em que x tem o atributo para a capacidade de aquisição (AQ). Nesse sentido, se x é uma magnitude de capacidade de aquisição absorativa de uma firma, diz-se, então que uma quantidade “BAIXA (B)” pode ser considerada como um valor fuzzy particular desta capacidade, em que x seja atribuído a um número $\mu_B(x) \in [0,1]$, indicando a extensão para o qual x é considerado uma baixa capacidade de aquisição.

Uma outra proposição de conjunto fuzzy para capacidade absorativa, pode ser contextualizado para o modelo em termos de AQ , AS , TR e EX que compõem os subconjuntos capacidade potencial (PO) e capacidade realizada (RE) de CAT (Capacidade de Absorção Tecnológica), que podem ser descritas pelas seguintes operações de conjuntos, em PO e RE :

(i) Complementaridade \bar{PO} de PO , definido por

$$\mu_{\bar{PO}}(x) = 1 - \mu_{PO}(x) \quad (24)$$

(ii) União $PO \cup RE$, definido por

$$\mu_{PO \cup RE}(x) = \max\{\mu_{PO}(x), \mu_{RE}(x)\} \quad (25)$$

(iii) Interseção $PO \cap RE$, definido por

$$\mu_{PO \cap RE}(x) = \min\{\mu_{PO}(x), \mu_{RE}(x)\} \quad (26)$$

Ainda de acordo com Mamdani (1976) um conjunto de relações fuzzy R de $U=\{x\}$ para $V=\{y\}$ é um conjunto fuzzy de um produto Cartesiano $U \times V$, caracterizado pela função $\mu_R(x, y)$, pelo qual cada par (x, y) recebe um número em $[0,1]$ indicando em que medida a relação R é verdadeira para (x, y) . Essa relação R de U para V e de um subconjunto fuzzy A de U , de um subconjunto B de V é inferido por uma regra composta de inferência:

$$B = A \circ R \quad (27)$$

ou

$$\mu_B(y) = \max\{\min\{\mu_R(x, y), \mu_A(x)\}\}$$

Em resumo, para Benini (2007) o modelo de Mamdani de inferência é baseado em uma composição do tipo “*max-min*” e pode ser caracterizado como sistema de base de regras fuzzy. Dessa forma, o autor, reescreve a equação acima da seguinte forma:

$$B' = A'(x) \circ R(x, y) \quad (28)$$

onde A representa o conjunto fuzzy de entrada, $B'(y)$ é obtido através da regra de “*max-min*”, onde “ \circ ” é um operador de composição, cuja função de pertinência é dada por

$$\mu_{B'}(y) = \cup_x \{ \mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y) \} = \cup_x \left\{ \mu_A(x) \wedge \bigcup_{i=1}^n \mu_{R_i}(x, y) \right\} = \cup_x \left\{ \bigcup_{i=1}^n (\mu_A(x) \wedge \mu_{R_i}(x, y)) \right\} \quad (29)$$

onde o símbolo \cup representa o operador de agregação e “ \wedge ” é o operador de interseção (T-norma).

Os sistemas de inferência fuzzy do tipo Mamdani são utilizados para modelar processos complexos, não lineares e vagos. Nessa perspectiva, mensurar a capacidade absorptiva pode ser qualificada como uma forma não linear para se estudar a diversidade, pois busca quantificar um processo de aprendizado e de transformação produtiva que pode ser impreciso ou ambíguo. Pois capturar um dado grau de conhecimento tecnológico novo que possa ser convertido em algum produto ou processo inovador, pode ser obtuso, já que essa conversão depende do desenvolvimento da capacidade absorptiva da firma. Desta forma, uma abordagem heurística para esse tipo de problema pode ser feita através do uso de termos linguísticos empregados por Zahra e George (2002) na construção das dimensões teóricas da capacidade absorptiva das firmas. Com isto, poder ser empregado as ideias básicas das capacidades para a composição dos termos linguísticos em consonância com a teoria dos conjuntos fuzzy.

Em uma demonstração hipotética para *CAT* de um sistema Mamdani de inferência fuzzy (FIS) como demonstrado na Tabela 1, em termos de capacidade total e utilizando *PO* e *RE* como subconjuntos de *CAT*, pode-se estabelecer a seguinte relação lógica:

$$\text{Se } PO = \textit{BAIXA} \text{ e Se } RE = \textit{BAIXA}, \text{ Então } CAT = \textit{BAIXA}$$

ou

(30)

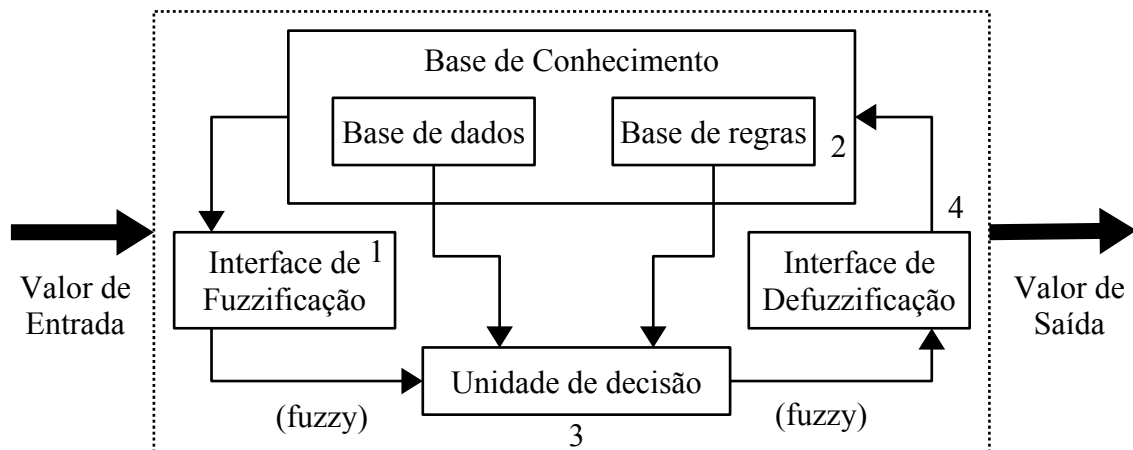
$$\text{Se } PO = \textit{ALTA} \text{ e Se } RE = \textit{ALTA}, \text{ Então } CAT = \textit{ALTA}$$

Ou seja, no sistema de inferência Mamdani as regras são estabelecidas para que a relação entre elas seja uma lógica fuzzy entre as variáveis, que aqui são representadas como *PO*, *RE* (antecedentes) e *CAT* (consequente), indo de acordo com os procedimentos e a metodologia de análise proposta por Mamdani (1976), em que um dado conjunto de entradas reais de x e do algoritmo fuzzy S^{31} , faz com que a saída resultante seja o produto *max-min* $x \circ S$. Amendola *et al* (2005) pontua que o sistema fuzzy em geral corresponde por valores de entrada fuzzy e uma saída fuzzy, podendo ser uma função do tipo R^n em R e segue os seguintes módulos para a sua construção:

31 Representa o conjunto de regras de inferência que é melhor descrito em Mamdani e Assilian (1975).

- 1) Módulo de **fuzzificação**: é o que modela matematicamente a informação das variáveis de entrada por meio de conjuntos fuzzy. É neste módulo que se mostra a grande importância do especialista do processo a ser analisado, pois a cada variável de entrada devem ser atribuídos termos linguísticos que representam os estados desta variável e, a cada termo linguístico, deve ser associado um conjunto fuzzy por uma função de pertinência;
- 2) Módulo da **base de regras**: é o que constitui o núcleo do sistema. É neste módulo onde “se guardam” as variáveis e suas classificações linguísticas;
- 3) Módulo de **inferência**: é onde se definem quais são os conectivos lógicos usados para estabelecer a relação do sistema fuzzy que modela a base de regras. É deste módulo que depende o sucesso do sistema fuzzy já que ele fornecerá a saída (controle) fuzzy a ser adotado pelo controlador a partir de cada entrada fuzzy; e
- 4) Módulo de **defuzzificação**: que traduz o estado da variável de saída fuzzy para um valor numérico.

Figura 10: Sistema de inferência fuzzy.



Fonte: Adaptado de Silvanandam, Sumathi e Deepa (2007).

O sistema apresentado acima, Figura 10, e descrito por Amendola *et al* (2005) como um sistema de controle, é a base de uma ilustração para o sistema de inferência Mamdani. Esta metodologia foi desenvolvida principalmente para as necessidades da engenharia industrial. No entanto, a sua aplicação em outras áreas de conhecimento como economia, biologia, informática, entre outras está cada vez mais corriqueira. Na economia as metodologias de sistemas de controle/inferência fuzzy são comumente aplicadas na área de finanças, com modelos que fazem análise de risco para portfólios de investimento dada a sua complexidade e incerteza.

Bojadziev (2007) apresenta tais sistemas como fuzzy logic control – FLC (controle de lógica fuzzy) para modelar problemas de incerteza e imprecisão. A ideia do FLC é imitar o julgamento humano de raciocínio para situações corriqueiras do senso comum, utilizando valores linguísticos emoldurados pelas regras “Se... Então”. Os autores modelam o problema de controle para risco financeiro, tendo duas variáveis de entrada A , B e uma de saída C , mas ressaltam que o modelo pode ser estendido para mais variáveis. Portanto, as variáveis linguísticas são modeladas para os conjuntos, e C_k contendo certo número de termos para cada conjunto:

$$\begin{aligned} A &= \{A_1, \dots, A_i, A_{i+1}, \dots, A_n\} \quad , \\ B &= \{B_1, \dots, B_i, B_{j+1}, \dots, B_m\} \quad , \\ C &= \{C_1, \dots, C_i, C_{k+1}, \dots, C_l\} \quad . \end{aligned} \quad (31)$$

Os conjuntos fuzzy são definidos para os termos A_i , B_j e C_k da seguintes forma:

$$\begin{aligned} A_i &= \{(x, \mu_{A_i}(x)) | x \in A_i \subset U_1\} \quad , \quad i = 1, \dots, n \quad , \\ B_j &= \{(y, \mu_{B_j}(y)) | y \in B_j \subset U_2\} \quad , \quad j = 1, \dots, m \\ C_k &= \{(z, \mu_{C_k}(z)) | z \in C_k \subset U_3\} \quad , \quad k = 1, \dots, l \quad . \end{aligned} \quad (32)$$

Ainda seguindo a modelagem de Bojadziev (2007), o esboço do modelo requer que:

- (1) Seja determinado o conjunto universal U_1 , U_2 e U_3 (operadores de domínio) para as variáveis base x , y e z das variáveis linguísticas descritas por A , B e C .
- (2) Seja selecionado o formato da função, ou seja, os limites e planos das funções de associação aos termos A_i , B_j e C_k . Os formatos comumente utilizados são os das funções triangular, trapezoidal e gaussiana, para a representação dos números difusos dos conjuntos fuzzy acima.
- (3) Especificar o número de termos para cada conjunto, como feitos nos conjuntos acima enumerando os elementos até n , m ou l . Usualmente utiliza-se números em intervalos pequenos como de 2 a 7 (sugerido pelos autores) ou aplicar para intervalos entre 0 e 1.
- (4) Especificar também o intervalo de suporte para o domínio dos termos, A_i , B_j e C_k .

Para exemplificar o processo de modelagem proposto por Bojadziev (2007), é utilizado as dimensões de capacidade potencial (PO) e capacidade realizada (RE) para absorção de conhecimentos tecnológicos por parte das empresas. As variáveis de entrada do sistema de inferência é PO e RE para encontrar a variável de saída CAT (Capacidade de Absorção Tecnológica). Supondo que as firmas que desejem ter uma maior capacidade

absortiva se deparam com o modelo onde as variáveis de entrada PO e RE e de saída CAT produzam as seguintes relações, de acordo com a modelagem acima:

$$\begin{aligned} PO \hat{=} A &= \{A_1, A_2, A_3\} = \{L, M, H\} \quad , \\ R \hat{=} B &= \{B_1, B_2, B_3\} = \{L, M, H\} \quad ^{32}, \\ CAT \hat{=} C &= \{C_1, C_2, C_3\} = \{L, M, H\} \quad . \end{aligned} \quad (33)$$

Portanto, o número de termos em cada conjunto fuzzy é $n = m = l = 3$. Os termos possuem os seguintes significados no contexto das capacidades absortivas: $L \hat{=} baixa$, $M \hat{=} média$ e $H \hat{=} alta$. Eles são números fuzzy cujos os intervalos de suporte pertencem aos conjuntos universais

$$\begin{aligned} U_1 &= \{x | 0 \leq x \leq 100\} \quad , \\ U_2 &= \{y | 0 \leq y \leq 100\} \quad , \\ U_3 &= \{z | 0 \leq z \leq 100\} \quad . \end{aligned} \quad (34)$$

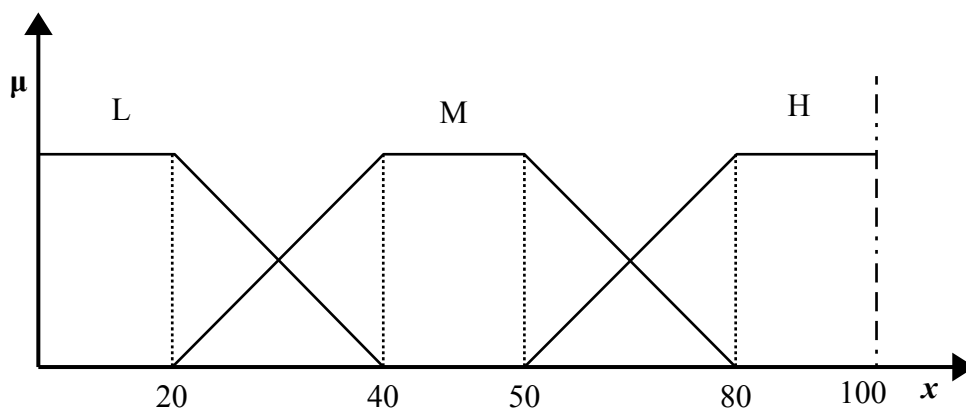
O número real de x e y representam os valores correspondentes das variáveis de escolha do modelo, que no caso das firmas pode ser padronizado como o gasto com aquisição, assimilação de conhecimentos tecnológicos para o termo PO , assim como, transformação e exploração para o termo RE . Dependendo do contexto de análise os valores de entrada para PO e RE podem não ser em termos de gastos/investimentos em conhecimentos técnicos e caso venha ser algum outro padrão qualitativo ou quantitativo o valor numérico pode ser adaptado pelo pesquisador. Já para a variável z o valor de saída aponta a capacidade que a firma possui em termos de índice/indicador, sendo uma referência para a construção da análise do processo de inovação das empresas. Os termos linguísticos das variáveis PO , RE e CAT podem ser descritos por funções do tipo trapezoidal, com os seguintes formatos:

$$\begin{aligned} \mu_L(v) &= \begin{cases} 1 & \text{para } 0 \leq v \leq 20 \\ \frac{40-v}{30} & \text{para } 20 \leq v \leq 40 \end{cases} \quad , \\ \mu_M(v) &= \begin{cases} \frac{40-v}{30} & \text{para } 0 \leq v \leq 40 \\ 1 & \text{para } 40 \leq v \leq 50 \\ \frac{80-v}{30} & \text{para } 50 \leq v \leq 80 \end{cases} \quad , \\ \mu_H(v) &= \begin{cases} \frac{v-50}{30} & \text{para } 50 \leq v \leq 80 \\ 1 & \text{para } 80 \leq v \leq 100 \end{cases} \quad . \end{aligned} \quad (35)$$

32 $R \hat{=} B$ representa RE ou capacidade de realização.

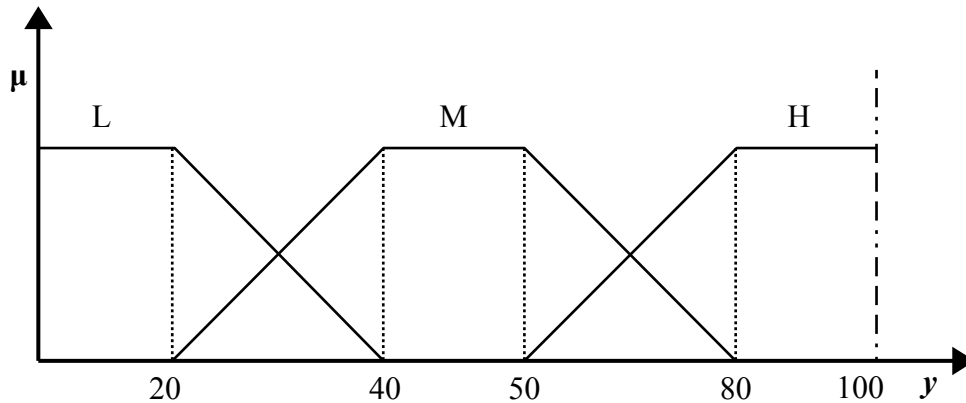
Aqui v está para x , y e z , significa que x substituído por v na equação (35) nos dá a equação em termos de PO do Gráfico 5, y substituído por v produz a equação em termos de RE do Gráfico 6 e z substituído por v produz a equação em termos de CAT do Gráfico 7. Ambos os esquemas servem para ilustrar como os valores semânticos que são mensurados através dos conjuntos fuzzy.

Gráfico 5: Variável de entrada em termos de PO .



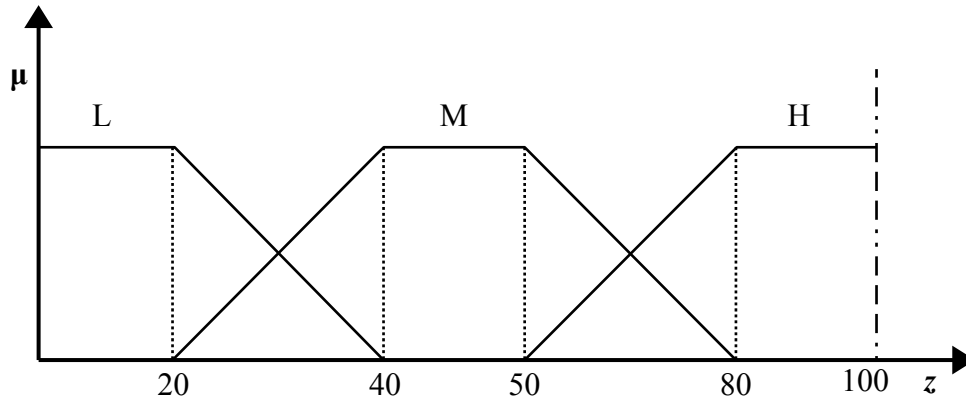
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 6: Variável de entrada em termos de RE .



Fonte: Elaborado pelo autor.

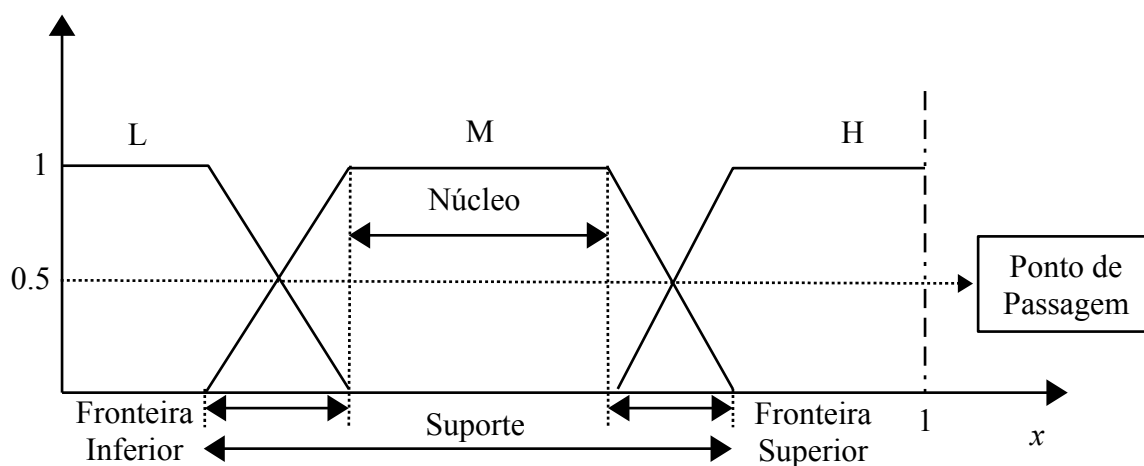
Gráfico 7: Variável de saída em termos de CAT .



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas propriedades da função de pertinência ainda podem ser identificadas três propriedades: i) o núcleo da função; ii) a área de suporte e; iii) as fronteiras da função. Sivanandam, Sumathi e Deepa (2007) destaca que estas três propriedades são úteis para identificar a área de pertencimento de cada conjunto de elementos que componham um dado valor linguístico. Os autores descrevem que o núcleo da função representa a área de total pertencimento, ou seja, é igual a 1; a área de suporte corresponde a região de não zero da função de pertinência, ou seja, os elementos que são maiores do que 0; e a fronteira é caracterizada como a região de não zero e de não total pertencimento, indica ainda, a região de fronteira de uma função de pertinência. Os autores apontam ainda, a região de ponto de passagem, onde o valor da função de pertinência é de 0.5, valores acima deste indicam uma direção ao total pertencimento e valores abaixo indicam uma direção para o não pertencimento ao termo linguístico estabelecido. O Gráfico 8 abaixo ilustra estas relações.

Gráfico 8: Propriedades da função de pertinência.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Sivanandam (2007).

O ponto de passagem também é descrito como α -cut, ele indica o ponto de “corte” para as funções de pertinência, pois é através deste ponto que o pesquisado especialista pode estabelecer os parâmetros de interação e de maior ambiguidade dos termos (Alto, Baixo, Médio, entre outros) linguísticos com o pertencimento a função. Este ponto de passagem serve ainda para indicar, como demonstrado acima pelos Gráficos 1 e 2, as relações de união e intersecção dos conjuntos.

O próximo passo para a construção do sistema de inferência é a configuração das regras “Se ... Então” de inferência. O número de regras é estabelecido, conforme Bojadziev (2007), pelo produto do número de termos de entrada para as variáveis linguísticas A e B , correspondendo aos termos PO e RE aqui exemplificado, e que no total gera nm número de regras. Os autores enfatizam que o número de regras criadas devem produzir ou ter como

consequentes $l < nm$ diferentes saídas, onde l é o número de termos de saída para a variável C , representado aqui como CAT . Esse conjunto de regras e possibilidades pode ser visualizada na Tabela de Decisão.

Tabela 2: Tabela de decisões.

| | | | | | | |
|-----------|-------------|-----|-------------|---------------|-----|-------------|
| | B_1 | ... | B_j | B_{j+1} | ... | B_m |
| A_1 | C_{11} | ... | C_{1j} | $C_{1,j+1}$ | ... | $C_{1,m}$ |
| \vdots | \vdots | | \vdots | \vdots | | \vdots |
| A_i | C_{i1} | ... | C_{ij} | $C_{i,j+1}$ | ... | $C_{i,m}$ |
| A_{i+1} | $C_{i+1,1}$ | ... | $C_{i+1,j}$ | $C_{i+1,j+1}$ | ... | $C_{i+1,m}$ |
| \vdots | \vdots | | \vdots | \vdots | | \vdots |
| A_n | C_{n1} | ... | C_{nj} | $C_{n,j+1}$ | ... | C_{nm} |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Bojadziev (2007).

O significado das regras representadas na tabela de decisão é: Se x é A_i e y é B_j Então z é C_k . O termo “e” das relações é chamado pré-condição dos termos que compõe as regras, sendo o conectivo de ligação para a compor as conjunções dos termos antecedentes (Se) e consequentes (Então). Neste sentido, Ortega (2001) descreve que o conjunto de regras fuzzy é capaz de descrever um sistema de inferência como uma gama de possibilidades, sendo que os antecedentes revelam as condições ou premissas assumidas para a função, enquanto a parte do consequente descreve a implicação dessas premissas ou a ação que se verifica dado as condições antecessoras, quando elas se verificam ou não. O conjunto de regras para o sistema hipotético de CAT fica da seguinte forma para $U = 9$:

- Regra 1: Se PO é baixa e RE é baixa, Então CAT é baixa,
- Regra 2: Se PO é baixa e RE é média, Então CAT é baixa,
- Regra 3: Se PO é baixa e RE é alta, Então CAT é média,
- Regra 4: Se PO é média e RE é baixa, Então CAT é baixa,
- Regra 5: Se PO é média e RE é média, Então CAT é média,
- Regra 6: Se PO é média e RE é alta, Então CAT é alta,
- Regra 7: Se PO é alta e RE é baixa, Então CAT é média,
- Regra 8: Se PO é alta e RE é média, Então CAT é alta,
- Regra 9: Se PO é alta e RE é alta, Então CAT é alta.

Seguindo Amendola *et al* (2005) na construção do conjunto de regras a partir do universo de discurso para CAT , com os termos, e $H \triangleq alta$ para as capacidades absorptivas, tendo ainda, duas premissas CP e CR para a composição do conjunto de consequentes, pode-

se desenvolver $U = R^n$ para o universo de discurso e, com isto, o número de regras para o sistema. Portanto, teremos $U = 3^2 = 9$ ou a composição de nove regras para que seja estabelecido a inferência fuzzy do tipo “Se ... Então” como descrito acima, e esboçado na Tabela 2 de decisões.

Segundo Mamdani (1975) e Bojadziev (2007), as regras de uma relação fuzzy como as estabelecidas acima entre os antecedentes A e B e o consequente C , que estão contidas no universo de discurso de U , gera a relação fuzzy $A \times B \subseteq U_1 \times U_2$ com a função de pertinência do produto cartesiano de A e B . Abaixo segue a contextualização dessas relações:

$$PO_i \wedge R \dot{E}_j = \min \{ \mu_{A_i}(x), \mu_{B_j}(y) \}, \quad (x, y) \in A \times B \subseteq U_1 \times U_2 \quad (36)$$

Ainda seguindo os passos acima, o conjunto de regras de inferência dos antecedentes expresso pela operação $\wedge(\min)$, possui como consequente CAT_k , que pode ser expresso como:

$$PO_i \wedge R \dot{E}_j \wedge CAT_k = \min \{ \mu_{A_i}(x), \mu_{B_j}(y), \mu_{C_{ij}}(z) \}, \quad CAT_k = CAT_{ij}$$

$$i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, l; \text{ e } (x, y, z) \in A \times B \times C \subseteq U_1 \times U_2 \times U_3 .$$

A partir da representação acima, as funções de pertinência para $U = 9$ pode ser representadas da seguinte forma:

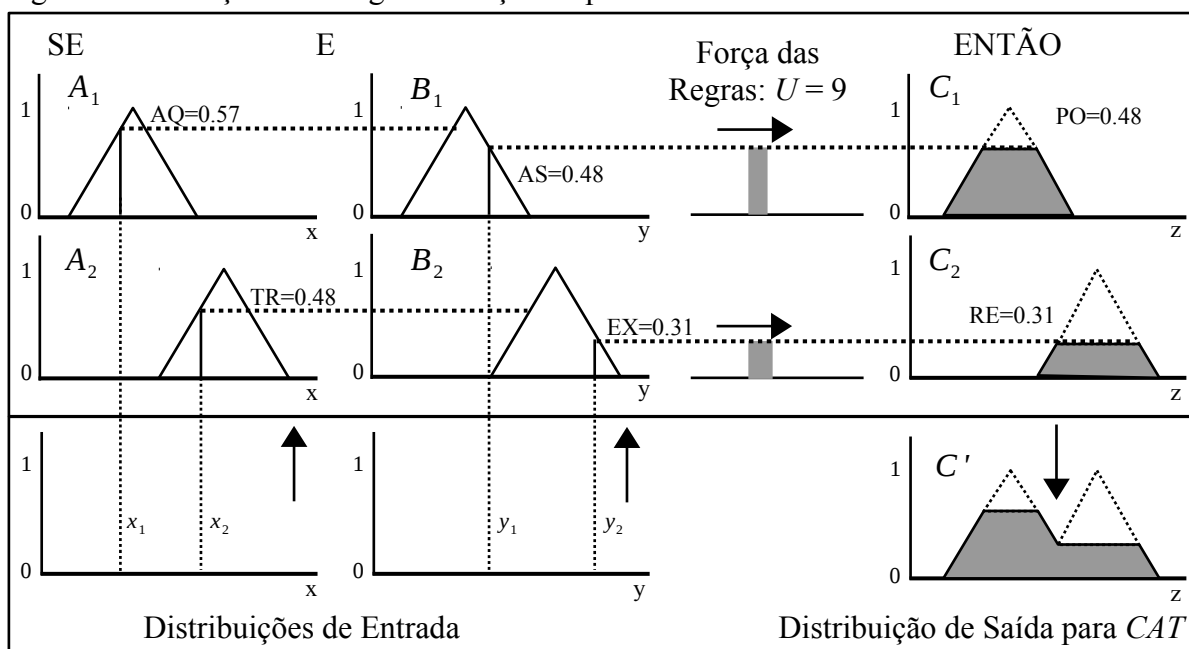
$$\begin{aligned} \text{Regra 1: } PO_1 \wedge R \dot{E}_1 \wedge CAT_{11} &= \min \{ \mu_L(x), \mu_L(y), \mu_L(z) \} , \\ \text{Regra 2: } PO_1 \wedge R \dot{E}_2 \wedge CAT_{12} &= \min \{ \mu_L(x), \mu_M(y), \mu_L(z) \} , \\ \text{Regra 3: } PO_1 \wedge R \dot{E}_3 \wedge CAT_{13} &= \min \{ \mu_L(x), \mu_H(y), \mu_M(z) \} , \\ \text{Regra 4: } PO_2 \wedge R \dot{E}_1 \wedge CAT_{21} &= \min \{ \mu_M(x), \mu_L(y), \mu_L(z) \} , \\ \text{Regra 5: } PO_2 \wedge R \dot{E}_2 \wedge CAT_{22} &= \min \{ \mu_M(x), \mu_M(y), \mu_M(z) \} , \\ \text{Regra 6: } PO_2 \wedge R \dot{E}_3 \wedge CAT_{23} &= \min \{ \mu_M(x), \mu_H(y), \mu_H(z) \} , \\ \text{Regra 7: } PO_3 \wedge R \dot{E}_1 \wedge CAT_{31} &= \min \{ \mu_H(x), \mu_L(y), \mu_M(z) \} , \\ \text{Regra 8: } PO_3 \wedge R \dot{E}_2 \wedge CAT_{32} &= \min \{ \mu_H(x), \mu_M(y), \mu_H(z) \} , \\ \text{Regra 9: } PO_3 \wedge R \dot{E}_3 \wedge CAT_{33} &= \min \{ \mu_H(x), \mu_H(y), \mu_H(z) \} . \end{aligned}$$

Segundo Mamdani (1975) o uso do conectivo “ou” para um conjunto de regras, como as expostas acima, é interpretado como uma operação max , que gera um algoritmo de controle para os consequentes C_k , para um dado subconjunto de antecedentes A_i e B_j , como visto na Tabela 2 de decisões. A agregação das regras pode ser entendida como uma operação de min entre as nove regras expostas acima, que resulte em uma operação $max-min$:

$$C_k = \sum_k \max \{ \min x_{PO_i}, y_{R \dot{E}_j}, z_{CAT_k} \} \quad (37)$$

O sistema de inferência mais comum, e amplamente utilizado segundo Ortega (2001) é o Método de Mamdani, que processa todas as regras ao mesmo tempo, em paralelo, fornecendo ao final da inferência um valor numérico ou um novo conjunto fuzzy, dependendo das premissas ou antecedentes utilizados como entrada. Segundo Sivanandam, Sumathi e Deepa (2007), esta relação do sistema de inferência Mamdani pode ser descrita em seis etapas: 1) determinado o conjunto de regras fuzzy; 2) fuzzificação das entradas usando as funções de pertinência de entrada do sistema; 3) combinando as entradas fuzzificadas de acordo com as regras fuzzy e as suas forças; 4) encontrando os consequentes das regras por meio da combinação de regras e das saídas da função de pertinência; 5) combinando os consequentes para obter uma distribuição de saída; e 6) defuzzificando a distribuição de saída (este passo é apenas para valores de saída binários). Como pode ser verificado na Figura 11 abaixo.

Figura 11: Interação entre regras e função de pertinência no sistema de inferência Mamdani.

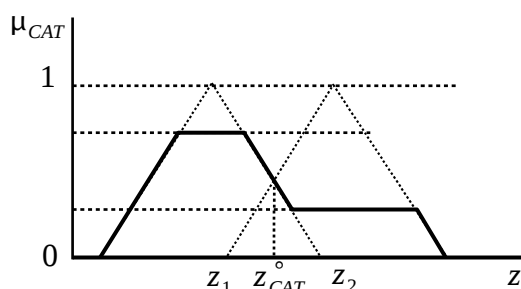


Fonte: Adaptado de Silvanandam, Sumathi e Deepa (2007).

O processo de saída do sistema é orquestrado pela defuzzificação e permite interpretar a distribuição de possibilidades de um modelo linguístico fuzzy de forma quantitativa (ORTEGA, 2001, p.47). O método de defuzzificação aplicado ao sistema aqui proposto é o de centro de área ou centróide, que segundo Ortega (2001) é a técnica mais comumente usada. Bojadziej (2007), propõe que a partir de uma função de pertinência $\mu_{CAT}(z)$, $z \in [z_0, z_q]$ em que z_1, z_2, \dots, z_{q-1} é o subintervalo de pontos da agregação. Nesse sentido, como a variável

para o conjunto fuzzy proposto não é binária, logo espera-se que o resultado seja um valor contínua, dentro de algum intervalo, como entre 0 e 1.

Gráfico 9: Método de centro de área para defuzzificação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, Ortega (2001) especifica a seguinte equação, aqui adaptada, para o processo de defuzzificação:

$$x_{CAT}^{\circ} = \frac{\int \mu_{CAT}(z) z dz}{\int \mu_{CAT}(z) dz} \quad (38)$$

onde x_{CAT}° é, segundo Bojadziev (2007), a primeira coordenada (abscissa) do centro $(x_{CAT}^{\circ}, \mu_{CAT})$ de área sobre a curva $\mu_{CAT}(z)$, para o modelo hipotético aqui proposto.

Para Riza *et al* (2014) os sistemas com múltiplas entradas e uma única saída, como foi exemplificado em CAT recebe o nome de MISO (*Multiple-input/Single-Output*) e baseiam-se no conceito proposto por Zadeh em 1965, onde o conhecimento do especialista é representado por meio do conjunto de regras “Se ... Então”, e servem para lidar com problemas da vida real como controle, previsão e inferência, mineração de dados, robótica e reconhecimento de fala.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo apresentar a abordagem metodológica comparativa e os métodos para mensurar a capacidade absorptiva da firma. Posto isso, o método comparativo é apresentado como uma forma de consolidar as pesquisas científicas voltadas para a análise da diversidade. Assim sendo, este método vai de encontro com a proposta do estudo sobre a capacidade absorptiva, que tem como base a firma neo-schumpeteriana, e que busca mensurar as diferentes configurações de absorção do conhecimento.

Neste sentido, primeiro foi feita uma apresentação conceitual da teoria dos conjuntos para situar os métodos de mensuração. Desta maneira, pode-se apresentar os conjuntos fuzzy como uma forma de organizar e mensurar dados que sejam imprecisos e complexos, características que são comuns aos casos em que a diversidade do objeto de estudo se fazem presente e que podem não ser capturadas por métodos quantitativos que convencionalmente

são utilizados. Na ciência econômica e nos estudos sobre capacidade absorptiva a análise da diversidade pode ser um caminho para compreender melhor os fenômenos de um ponto de vista dinâmico. Por isso, neste capítulo foram propostos dois métodos para a análise da capacidade absorptiva e, por conseguinte, da diversidade, um de análise comparativa das combinações causais e o outro como um sistema inferência Mamdani.

O primeiro foi o fsQCA, que parte da análise comparativa das combinações causais (QCA) para a construção de um sistema que permita calcular quais são os caminhos entre as premissas e os consequentes que indique o resultado mais “adequado”, para tanto, as condições configuracionais de necessidade e suficiência de uma certa relação precisam ser avaliadas para que a cobertura dos resultados seja coerente. Já o segundo método apresentado foi o sistema de inferência Mamdani, que parte de premissas ou de um conjunto de antecedentes na entrada do sistema, onde se aplica aos dados regras do tipo “Se...Então” em conjunto com o conhecimento sobre o objeto estudado, para gerar um conjunto de saídas consequentes, que pode ser apresentado como um indicador para um termo linguístico como alto, frio, fraco ou outro que venha ser utilizado.

Os dois métodos apresentados podem ser utilizados para a análise da capacidade absorptiva e estão de acordo com o método comparativo para se pesquisar a diversidade como um dos pontos principais. Eles permitem ainda o avanço teórico do conceito de capacidade da absorção do conhecimento, pois podem ser usados para mensurar as suas diferentes configurações, desde as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração, até as capacidades potencial e de realização. Nesse sentido, ele cumpre dois dos pré-requisitos para as pesquisas comparativas elencadas no Quadro 5 e se for constituído um indicador, seja pelo fsQCA ou pelo sistema de inferência Mamdani, pode designar uma relação de significância para as diferentes configurações encontradas para as capacidades de absorção do conhecimento.

Para compreender melhor a operacionalidade dos conjuntos fuzzy para analisar a capacidade absorptiva, no próximo capítulo será feita uma análise com dados da pesquisa de inovação para a indústria de transformação brasileira para os anos de 2011 e 2014 por meio de um sistema de inferência Mamdani. O intuito é apresentar como os dados, mesmo que sejam secundários, podem ser utilizados e trabalhados como conjuntos fuzzy na criação de um sistema de inferência.

5 SISTEMA DE INFERÊNCIA PARA CAPACIDADE ABSORTIVA

Este capítulo tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade de um sistema de inferência com base nos conjuntos fuzzy para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico por parte das organizações. Nesse sentido, será feita uma breve contextualização do panorama de análise empírica para situar o conjunto de dados que é utilizado na aplicação do método. Neste contexto, o objetivo da aplicação do sistema de inferência é constituir um indicador para a capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico para os setores da indústria de transformação brasileira, verificando se os dispêndios realizados aumentam a possibilidade de capacidade absorptiva em termos de conhecimento tecnológico entre os anos de 2011 e 2014.

O sistema de inferência Mamdani aqui proposto é aplicado em 3 níveis diferentes para capturar a capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico (CAT) dos setores da indústria de transformação brasileira para os anos de 2011 e 2014. Sendo assim, a primeira parte do capítulo é apresentado o contexto de inferência para o Brasil em uma breve descrição da indústria brasileira. Em seguida, é feita a modelagem em termos de inferência de conjuntos fuzzy, são apresentados os níveis de inferência e as variáveis que compõe cada dimensão para a capacidade absorptiva. Na seção 5.4 são apresentados os resultados e na última seção, são feitas as considerações finais do capítulo.

5.1 O CONTEXTO DA INFERÊNCIA

No Brasil, o desenvolvimento das firmas esteve durante algum tempo limitado pela dinâmica industrial de substituição de importações que foi estabelecida no país entre as décadas de 1930 até 1980. Este modelo tinha como principal objetivo a industrialização nacional, utilizando de mecanismo de subsídio, proteção de mercado, tarifas especiais de serviços públicos e de insumos produzidos por estatais. Este panorama de proteção e relativa ausência de competição no mercado brasileiro com os produtos e firmas estrangeiras começou a mudar no final da década de 1980 e foi intensificado na década de 1990 com a liberalização comercial e financeira, que resultou em algumas mudanças conjunturais que forçaram o rearranjo da indústria brasileira, em especial para se adaptar às transformações tecnológicas e aos novos paradigmas (NEGRI *et al*, 2005).

Em tal cenário, as empresas brasileiras desenvolveram “estratégias imitativas”, reproduzindo, copiando e adaptando as tecnologias, pois o principal fluxo de informação das empresas “inovadoras” no Brasil está fora da estrutura nacional, refletindo em dependência de fatores importantes para o processo de desenvolvimento tecnológico, corroborando para o

esgotamento do padrão de industrialização característico dos países subdesenvolvidos. Isso implica, que no caso brasileiro “a origem dos recursos e o grau de codificação da tecnologia” podem contribuir negativamente para o ciclo inovativo local, dado que a principal fonte de informações é externa e a transferência ou a difusão tecnológica não ser um processo automático. Este fato acaba por demandar um esforço local maior para que seja possível estabelecer estruturas endógenas de financiamento, codificações e de políticas públicas que viabilizem o conhecimento científico e tácito, para que reflitam positivamente no processo de desenvolvimento econômico e de inovações das firmas nacionais (FURTADO; CARVALHO, 2005).

No caso brasileiro De Negri *et al* (2005) destacam os setores de outros materiais de transporte com maior capacidade inovativa, sendo a Embraer a empresa que se destaca no setor desenvolvendo inovações e exporta produtos de alta tecnologia, mas este é um caso isolado no cenário nacional. Nos demais setores, como o de eletrônicos e informática, “os esforços de inovação” estão relacionados com incentivos fiscais como a Lei de Informática, mas “a regra é a adaptação tecnológica” para o contexto e nacional. Sendo assim, as empresas que fazem algum esforço de inovação e de diferenciação dos seus produtos podem disputar fatias de mercado por mudanças nos produtos, processo ou mesmo por dispêndio com P&D interno.

De Negri (2006) ao esquematizar a sua análise sobre capacidade absorptiva das firmas ressalta que grande parte das inovações realizadas pelas empresas brasileiras são inovações de processo, que pode ser caracterizada em muitos casos apenas como a aquisição de máquinas e equipamentos. Isso fica evidente, quando se observa quem é o responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada na indústria brasileira, esse diagnóstico apontado pela autora, sobre a transferência de tecnologia fica mais evidente. Na Tabela 3 para a indústria, o setor de eletricidade e gás e de serviços selecionados da Pesquisa de Inovação os contrastes ficam mais claros.

Quando se analisa os aspectos inerentes da indústria, a proeminência no desenvolvimento de processos produtivos por outras empresas ou institutos corrobora com a argumentação de não transferência de tecnologias para as empresas que adotam esse tipo de implementação para a inovação, principalmente pela aquisição de máquinas e equipamentos, pois 76,4% em 2011 e 67,4% em 2014 dessas inovações não são feitas pelas firmas que adquirem essas inovações. Fato que se inverte quando o foco é o desenvolvimento da inovação de novos produtos, que na indústria representou 83,5% em 2011 e 78,2% em 2014,

o que pode indicar a relação dinâmica entre inovação e a criação de um produto pelas empresas na indústria.

Tabela 3: Principal responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada, segundo as atividades da indústria, do setor de eletricidades e gás e dos serviços selecionados – Brasil – período 2009-2011 e 2012-2014.

| Atividades da Indústria, setor de eletricidade e gás e serviços selecionados | Principal responsável pelo desenvolvimento da inovação implementada (%) | | | | | | | |
|--|---|-------------|------------------------|-------------|--|-------------|-------------------------------|-------------|
| | A empresa | | Outra empresa do grupo | | A empresa em cooperação com outra empresa ou instituição | | Outras empresas ou institutos | |
| Produto | | | | | | | | |
| | 2011 | 2014 | 2011 | 2014 | 2011 | 2014 | 2011 | 2014 |
| Indústria | 83,5 | 78,2 | 1,8 | 1,9 | 5,6 | 8,2 | 9,1 | 11,7 |
| Eletricidade e gás | 8,9 | 15,5 | 16,4 | 0,0 | 65,4 | 63,7 | 9,2 | 20,9 |
| Serviços selecionados | 77,1 | 77,9 | 3,6 | 1,7 | 16,7 | 10,2 | 2,7 | 10,2 |
| Processo | | | | | | | | |
| Indústria | 16,7 | 25,5 | 0,8 | 1,2 | 6,1 | 5,8 | 76,4 | 67,4 |
| Eletricidade e gás | 65,4 | 3,4 | 1,5 | 0,7 | 19,9 | 30,6 | 13,1 | 65,3 |
| Serviços selecionados | 33,3 | 42,5 | 3,1 | 0,5 | 12,1 | 5,9 | 51,6 | 51,1 |

Fonte: IBGE, PINTEC (2011; 2014).

As características que são percebidas pela criação de um novo produto decorre de, uma certa forma, da capacidade que as empresas possuem em identificar novas oportunidades no mercado, além da sua habilidade em adquirir e transformar novos conhecimentos tecnológicos. Um dos processos internos que exprime o desenvolvimento de habilidades das firmas é o de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), pois é através deste esforço, para se constituir um novo produto ou processo é que as firmas ampliam as suas capacidades.

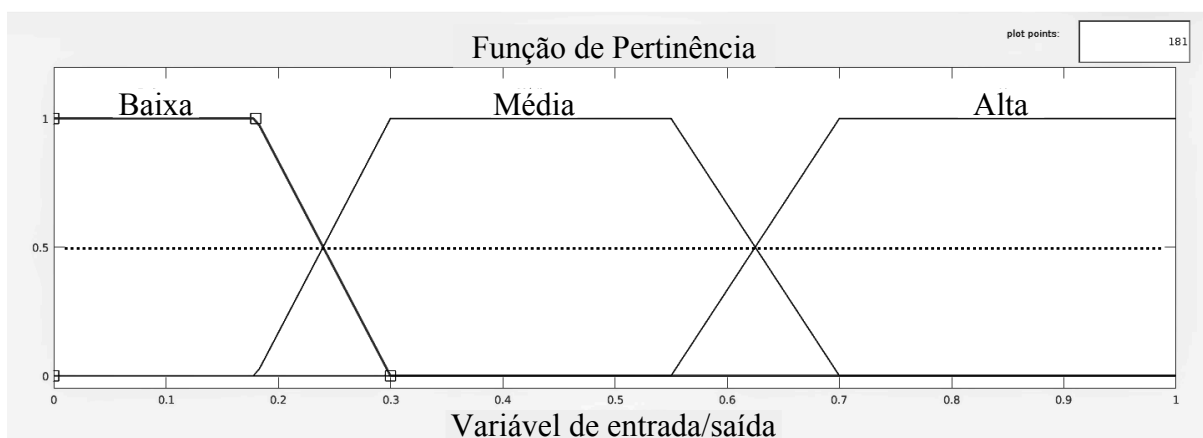
5.2 MODELAGEM DO SISTEMA DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA CAT

A modelagem de um sistema fuzzy do tipo Mamdani como descrito no capítulo anterior tem por objetivo criar um sistema de controle ou um controlador nas engenharias. No entanto, ao se aplicar tal metodologia para a ciência econômica o objetivo é criar um sistema no qual as possibilidades configuracionais possam ser exploradas, uma vez que o teste e validação das inferências é de difícil execução em um ambiente de condições mutáveis e efêmeras, ou seja, não se alcançará um sistema de previsão e controle. Nesse sentido, o

sistema de inferência Mamdani para CAT é estruturado de modo que possa agrupar as variáveis elencadas como *proxies* das dimensões para capacidades absorptivas. Como a aplicação do modelo será feita para a indústria, e os dados são agregados e de fonte secundária, não há como especificar pormenorizadamente as empresas e as questões de inferência.

Hurtado-Ayala e Gonzáles-Campo (2015) ao criarem um indicador de capacidade absorptiva para a Colômbia de capacidade absorptiva para as empresas dos setores manufatureiro e de serviços forneceram base para estabelecer os pontos de cortes das funções de pertinência. Os valores encontrados pelos autores indicam que uma baixa capacidade absorptiva está entre 0% e 25%, já entre 50% e 75% os resultados apontam para média capacidade absorptiva, enquanto que para valores acima de 75% os autores classificaram o indicador de alta capacidade absorptiva. Nesse sentido, para construir um conjunto de valores para as funções de pertinência do modelo aqui proposto, optou-se por adaptar os resultados encontrados para a Colômbia para o caso brasileiro e de acordo com a construção das funções de pertinência.

Gráfico 10: Função trapezoidal para as variáveis do sistema de inferência Mamdani.



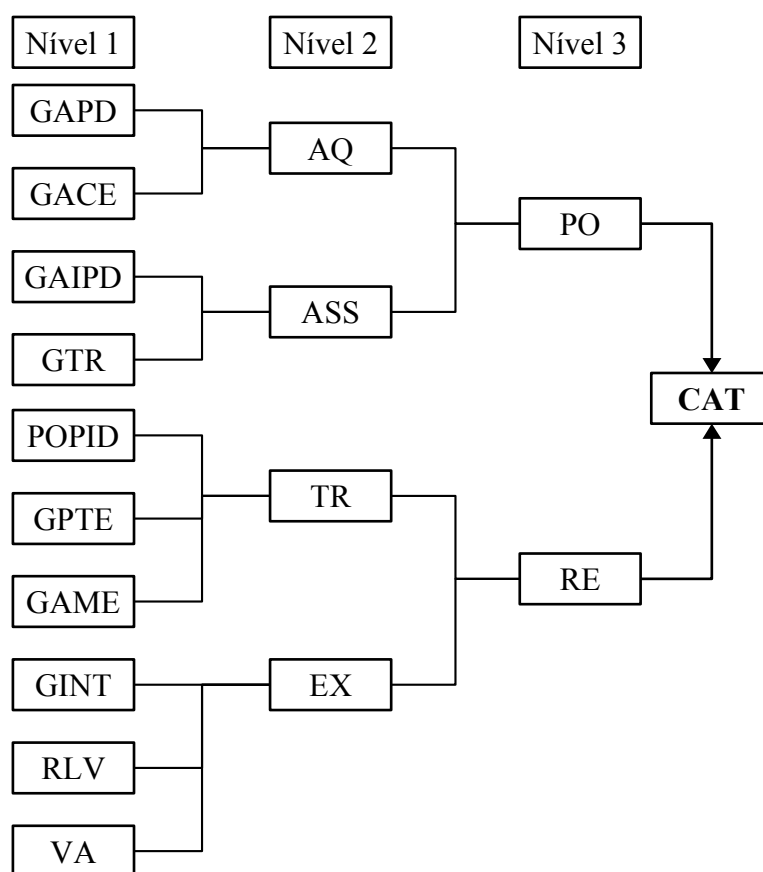
Fonte: Elaborado pelo autor.

As funções do tipo trapezoidal foram escolhidas, com o objetivo de captar melhor a distribuição dos dados para os diferentes conjuntos fuzzy. Nesse sentido, os valores do indicador de capacidade absorptiva, com base nos dados da PINTEC (2011;2014), precisaram ser adaptados para poder capturar os valores proporcionais aproximados dos valores semânticos. Sendo assim, os valores adotados para a baixa capacidade absorptiva foram (0, 0, 0.18, 0.3), pois incorpora os menores valores dos conjuntos e o valor correspondente a transição entre a baixa e a média capacidade, entre 0.18 e 0.3; já para média capacidade os valores são de (0.18, 0.3, 0.55, 0.7), para os valores médios de 0.3 a 0.55, com a transição do

médio para alto entre 0.55 e 0.7 e; para a alta capacidade absorptiva os valores são (0.55, 0.7, 1, 1), onde os valores acima de 0.7 representam alta capacidade, como pode ser visualizado no Gráfico 10.

O sistema de inferência Mamdani foi pensado e construído com o objetivo de incorporar as quatro dimensões propostas por Zahra e George (2002), sendo que a estrutura é feita em 3 níveis de análise, desde as variáveis de entrada do sistema no nível 1, aos consequentes de capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração no nível 2 e as capacidades potencial e realizadas no nível 3, que geram a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos como resultado do sistema e dos níveis de análise como apresentado na Figura 12.

Figura 12: Níveis de inferência para o sistema Mamdani.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As saídas de cada nível descrito na Figura 12 da aplicação das regras do tipo “SE...ENTÃO”, mediante a sequência de operações *max-min*. Na capacidade absorptiva temos que aquisição *AQ*, a assimilação *AS*, a transformação *TR* e a exploração *EX*, como elementos que pertencem ao conjunto *CAT* (Capacidade de absorção tecnológica).

As variáveis de entrada para o sistema apresentado na Figura 11, foram escolhidas com base nas referências bibliográficas e nas variáveis utilizadas para mensurar a capacidade absorptiva das firmas. Hurtado-Ayala e Gonzáles-Campo (2015) utilizam em seu modelo investimento em P&D, transferência tecnológica e outros equipamentos para a capacidade aquisitiva; funcionários envolvidos com atividades de inovação e treinamento como variáveis de entrada para a capacidade de transformação, entre outras. De Negri (2006) apontou em sua análise sobre capacidade absorptiva para as firmas brasileiras a escolaridade, tempo de emprego, gasto em treinamento, contratação de profissionais de empresas estrangeiras como fatores determinantes das habilidades individuais e gasto em P&D/receita líquida de vendas e realização do P&D contínuo como fatores determinantes do conhecimento prévio. No entanto, a autora utiliza um modelo econométrico que apenas apresenta se a firma possui ou não capacidade absorptiva. Contudo, a indicação de fatores determinantes que foi feita no seu estudo, é interessante para a escolha de variáveis para compor os conjuntos fuzzy. Sendo assim para a constituição do modelo e da inferência proposta na Figura 11, as seguintes variáveis de entrada do sistema foram escolhidas:

- Entradas para aquisição – *AQ*: indica a capacidade reconhecer novos conhecimentos pela firma, que aqui é representado pelos gastos com a aquisição externa de P&D e a aquisição de outros conhecimentos externos.
 - X_1 = gasto com aquisição externa de P&D (R\$ 1000) – (GAPD);
 - X_2 = gasto com aquisição de outros conhecimentos externos (R\$ 1000) – (GACE);
- Entradas para assimilação – *AS*: o desenvolvimento de atividades internas de P&D pode ser entendido com base na revisão de literatura sobre capacidade absorptiva como um dos pontos que auxiliam no aprendizado de novos conhecimentos, na medida em que o estoque de conhecimentos com as atividades de P&D interno é maior, mas as atividades de desenvolvimento organizacional necessita de uma mão de obra treinada e capacitada para lidar com diferentes situações.
 - X_3 = gasto com atividades internas de P&D (R\$ 1000) – (GAIPD);
 - X_4 = gasto com treinamento (R\$ 1000) – (GTR);
- Entradas para transformação – *TR*: a capacidade de transformação foi associada com o número de pessoas ocupadas com atividades de P&D nos setores, com a aquisição de máquinas e equipamentos e com a projetos industriais, por entender que as firmas utilizam as máquinas e equipamentos ou desenvolvem os projetos industriais para

transformar, manufaturar algum produto que pode ser novo, ou instalar algum processo através de um novo projeto industrial e que esses gastos devem ser acompanhados com o número de pessoas ligadas a atividades de inovação para ampliar a capacidade de transformação.

- X_5 = gasto com aquisição de máquinas e equipamentos (R\$ 1000) – (GAME)
- X_6 = gasto com projeto industrial e outras preparações técnicas (R\$ 1000) – (GPTE);
- X_7 = número de pessoas ocupadas com atividade de P&D.
- Entradas para exploração – *EX*: variáveis que indicam a capacidade de exploração dos conhecimento adquiridos e transformados internamente, neste item temos a receita líquida de vendas que indica o desempenho comercial do setor, o valor adicionado correspondendo o quanto aquele setor agregou valor ao produzir algo e o gasto com a introdução de inovações tecnológicas no mercado.
 - X_8 = gasto com introdução das inovações tecnológicas no mercado (R\$ 1000) – (GINT);
 - X_9 = valor adicionado pelo setor (R\$ 1000) – (VA)³³;
 - X_{10} = receita líquida de vendas (R\$ 1000) – (RLV).

Essas variáveis em conjunto com o sistema Mamdani de inferência do modelo proposto fornecerá a capacidade de aquisição, assimilação, transformação e exploração do primeiro nível como representado na Figura 9. Para o nível 2 serão encontrados valores correspondentes a capacidade potencial e realizada, sendo que a relação dessas duas produz a capacidade absorviva de conhecimento tecnológico para os anos de 2011 e 2014.

A modelagem de conjuntos fuzzy aqui proposta busca, nesse sentido, ter como resultado final CAT para cada setor da indústria de transformação brasileira, tendo como referência inicial de entrada dos sistemas os gastos em atividades de inovação feita pelos setores da indústria de transformação, as receitas líquidas de vendas e a quantidade de pessoas empregadas nas atividades inovativas aqui denotadas pelas variáveis X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , X_7 , X_8 , X_9 e X_{10} .

5.3 DESCRIÇÃO DOS DADOS E PROCEDIMENTOS

Os dados utilizados para a construção dos conjuntos fuzzy foram obtidos da PINTEC para os anos de 2011 e 2014. A seleção dos setores segue a Classificação Nacional de

33 Dado do IBGE sobre empreendedorismo para os anos de 2011 e 2014 (IBGE, 2018).

Atividades Econômicas – CNAE 2.0. As variáveis que representam as entradas do primeiro nível do sistema (PINTEC, 2011, 2014) são as seguintes:

Quadro 11: Setores da indústria de transformação para mensurar CAT.

| Nº | Setores da indústria de transformação |
|----|---|
| 1 | Fabricação de produtos alimentícios |
| 2 | Fabricação de bebidas |
| 3 | Fabricação de produtos do fumo |
| 4 | Fabricação de produtos têxteis |
| 5 | Confecção de artigos do vestuário e acessórios |
| 6 | Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados |
| 7 | Fabricação de produtos de madeira |
| 8 | Fabricação de celulose, papel e produtos de papel |
| 9 | Impressão e reprodução de gravações |
| 10 | Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis |
| 11 | Fabricação de produtos químicos |
| 12 | Fabricação de produtos farmacoquímicos e farmacêuticos |
| 13 | Fabricação de produtos de borracha e de material plástico |
| 14 | Fabricação de produtos de minerais não metálicos |
| 15 | Metalurgia |
| 16 | Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos |
| 17 | Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos |
| 18 | Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos |
| 19 | Fabricação de máquinas e equipamentos |
| 20 | Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias |
| 21 | Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores |
| 22 | Fabricação de móveis |
| 23 | Fabricação de produtos diversos |
| 24 | Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos |

Fonte: PINTEC (2011; 2014).

As variáveis de entrada do sistema de inferência não estão na mesma escala e possuem medidas diferentes umas das outras, como número de empregados e gastos. Optou-se por padronizar a escala de medida, com o valor mínimo para pertencente ao conjunto de uma variável sendo representado por 0 e o valor máximo 1. Sendo assim, a fronteira do conjunto das variáveis de entrada foram determinados de acordo com os valores máximos e mínimo para cada uma, sendo o valor máximo a referência para determinar a proporção com relação

aos valores intermediárias, nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os dados em termos de conjuntos para os anos de 2011 e 2014.

Tabela 4: Dados de entrada para o sistema de inferência Mamdani com base nos dados da PINTEC para o ano de 2011.

| Setor | GAPD | GACE | GAIPD | GTR | POPID | GPTE | GAME | GINT | RLV | VA |
|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0,05 | 0,40 | 0,14 | 0,51 | 0,15 | 0,53 | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 1,00 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,34 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,17 | 0,22 |
| 3 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,20 | 0,05 | 0,09 | 0,03 | 0,09 | 0,04 | 0,00 |
| 4 | 0,65 | 1,00 | 1,00 | 0,79 | 0,25 | 0,77 | 0,26 | 0,54 | 1,00 | 0,07 |
| 5 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,34 | 0,61 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,27 | 0,15 |
| 6 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,59 | 0,25 | 0,29 | 0,20 | 0,05 | 0,10 | 0,09 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,10 | 0,04 | 0,09 | 0,08 | 0,03 | 0,06 | 0,05 |
| 8 | 0,17 | 0,23 | 0,17 | 0,73 | 0,02 | 1,00 | 0,42 | 0,04 | 0,04 | 0,19 |
| 9 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,09 | 1,00 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,68 | 0,05 |
| 10 | 0,43 | 0,05 | 0,20 | 0,66 | 0,02 | 0,08 | 0,11 | 0,08 | 0,05 | 0,10 |
| 11 | 0,03 | 0,63 | 0,04 | 0,10 | 0,15 | 0,04 | 0,13 | 0,06 | 0,18 | 0,24 |
| 12 | 0,05 | 0,41 | 0,10 | 0,37 | 0,60 | 0,11 | 0,24 | 0,14 | 0,52 | 0,00 |
| 13 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,15 | 0,07 | 0,16 | 0,04 | 0,11 | 0,18 | 0,18 |
| 14 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,52 | 0,21 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,20 | 0,15 |
| 15 | 0,05 | 0,11 | 0,04 | 0,32 | 0,22 | 0,12 | 0,14 | 0,13 | 0,34 | 0,10 |
| 16 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,18 | 0,38 | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 0,09 | 0,26 |
| 17 | 0,40 | 0,05 | 0,27 | 1,00 | 0,05 | 0,16 | 0,05 | 0,29 | 0,10 | 0,31 |
| 18 | 0,23 | 0,28 | 0,66 | 0,72 | 0,03 | 0,52 | 0,25 | 0,21 | 0,03 | 0,09 |
| 19 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,72 | 0,67 | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,18 | 0,25 |
| 20 | 1,00 | 0,00 | 0,72 | 0,29 | 0,03 | 0,11 | 0,20 | 0,02 | 0,15 | 0,25 |
| 21 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,12 | 0,01 | 0,71 | 0,06 | 0,00 | 0,04 | 0,04 |
| 22 | 0,09 | 0,11 | 0,22 | 0,59 | 0,14 | 0,30 | 0,16 | 0,08 | 0,07 | 0,09 |
| 23 | 0,08 | 0,01 | 0,20 | 0,34 | 0,12 | 0,00 | 0,11 | 0,06 | 0,14 | 0,04 |
| 24 | 0,64 | 0,07 | 0,28 | 0,36 | 0,06 | 0,05 | 0,09 | 0,24 | 0,09 | 0,15 |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da PINTEC 2011.

Os valores da Tabela acima foram calculados com base na razão entre o valor máximo de uma variável com relação às demais, construindo assim uma gradação entre os valores máximos e mínimos do conjunto. Este cálculo foi sistematizado da seguinte forma:

$$GAPD_i = \frac{X_i}{\max X_i} \quad (40)$$

onde, $GAPD_i$ é o valor relativo para a variável, X_i é o valor dos gastos em aquisição de P&D externo referente ao setor i e $\max X_i$ é o valor máximo dos gastos em aquisição de P&D externo referente ao setor i , com $i=1,2,\dots,n$.

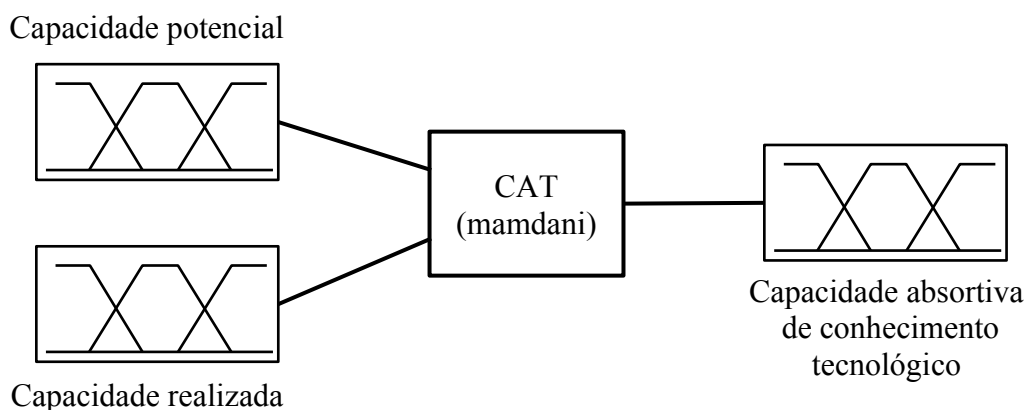
Tabela 5: Dados de entrada para o sistema de inferência Mamdani com base nos dados da PINTEC para o ano de 2014.

| Setor | GAPD | GACE | GAIPD | GTR | POPID | GPTE | GAME | GINT | RLV | VA |
|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0,10 | 0,08 | 0,27 | 1,00 | 0,15 | 0,28 | 1,00 | 1,00 | 0,58 | 1,00 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,42 | 0,10 | 0,01 | 0,00 | 0,14 | 0,33 |
| 3 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,17 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,00 |
| 4 | 0,15 | 0,31 | 1,00 | 0,35 | 0,31 | 0,89 | 0,43 | 0,23 | 1,00 | 0,08 |
| 5 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,23 | 0,44 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,25 | 0,24 |
| 6 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,21 | 0,24 | 0,12 | 0,39 | 0,03 | 0,10 | 0,12 |
| 7 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,11 | 0,03 | 0,06 | 0,05 |
| 8 | 0,03 | 0,03 | 0,19 | 0,19 | 0,03 | 0,06 | 0,40 | 0,02 | 0,03 | 0,14 |
| 9 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 1,00 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,51 | 0,05 |
| 10 | 0,03 | 0,02 | 0,47 | 0,14 | 0,02 | 0,29 | 0,11 | 0,03 | 0,04 | 0,08 |
| 11 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,09 | 0,17 | 1,00 | 0,32 | 0,04 | 0,15 | 0,45 |
| 12 | 0,02 | 0,22 | 0,16 | 0,30 | 0,70 | 0,22 | 0,26 | 0,06 | 0,50 | 0,16 |
| 13 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,05 | 0,09 | 0,16 | 0,05 | 0,03 | 0,17 | 0,23 |
| 14 | 0,02 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,17 | 0,10 | 0,18 | 0,04 | 0,19 | 0,22 |
| 15 | 0,05 | 0,01 | 0,10 | 0,23 | 0,09 | 0,74 | 0,33 | 0,04 | 0,31 | 0,14 |
| 16 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,44 | 0,19 | 0,10 | 0,01 | 0,09 | 0,22 |
| 17 | 0,13 | 0,06 | 0,42 | 0,36 | 0,16 | 0,18 | 0,08 | 0,17 | 0,09 | 0,17 |
| 18 | 0,22 | 0,37 | 0,68 | 0,43 | 0,03 | 0,36 | 0,30 | 0,29 | 0,02 | 0,17 |
| 19 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,13 | 0,44 | 0,09 | 0,13 | 0,02 | 0,17 | 0,27 |
| 20 | 0,45 | 0,00 | 0,91 | 0,11 | 0,03 | 0,26 | 0,29 | 0,01 | 0,14 | 0,19 |
| 21 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,04 | 0,20 |
| 22 | 0,05 | 0,05 | 0,36 | 0,39 | 0,15 | 0,36 | 0,27 | 0,09 | 0,07 | 0,08 |
| 23 | 1,00 | 1,00 | 0,39 | 0,28 | 0,08 | 0,55 | 0,19 | 0,05 | 0,13 | 0,07 |
| 24 | 0,41 | 0,02 | 0,53 | 0,28 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da PINTEC 2014.

Tendo padronizado os dados para a escala escolhida, o sistema Mamdani foi construído e executado para encontrar as dimensões potencial e realizada para capacidade absorviva e, conseqüentemente, a capacidade absorviva total considerando estas duas dimensões antecedentes, como apresentado na Figura 13.

Figura 13: Sistema de inferência Mamdani para o nível 3 da modelagem proposta acima.



Fonte: Elaborado pelo autor.

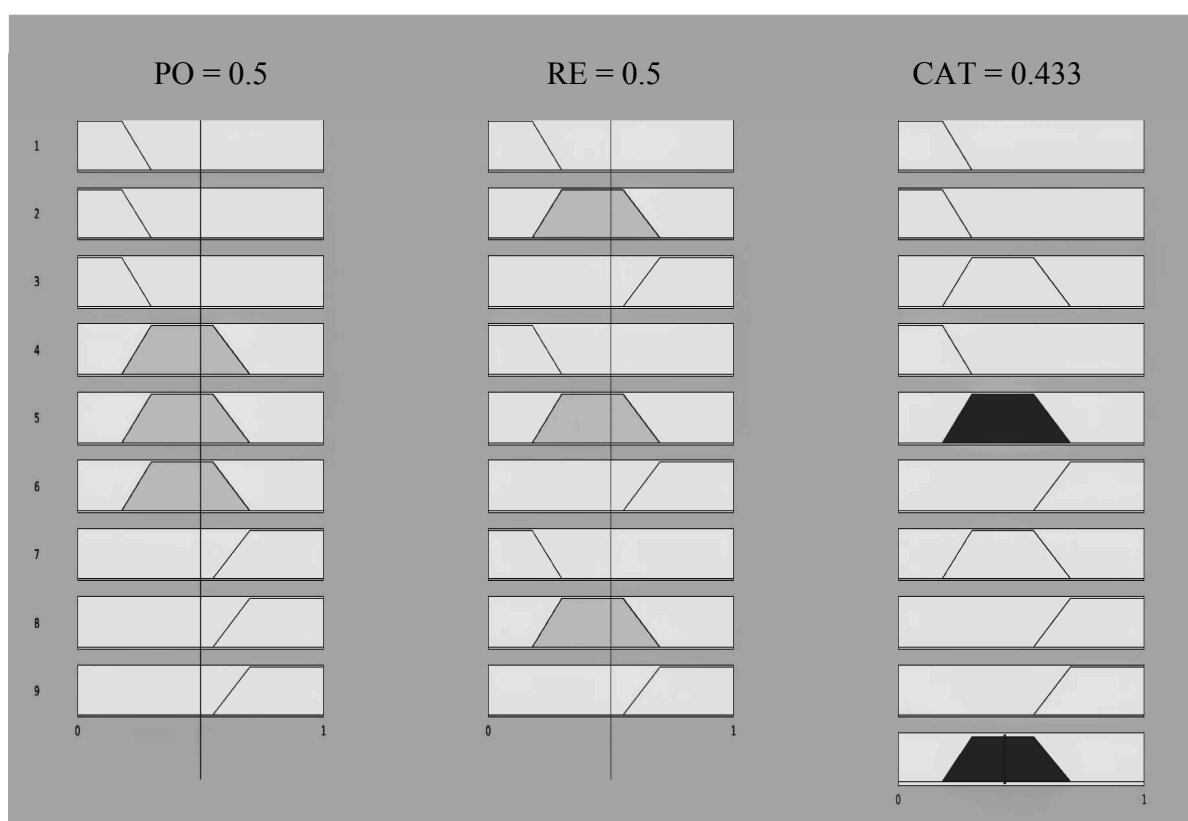
O sistema de inferência Mamdani para o nível 3, Figura 13, foi manipulado através do software MATLAB®, que faz o cálculo de sistemas fuzzy com base no conjunto de regras para estabelecer a relação de agregação para encontrar o centro de área dos dados das inferências como descrito no capítulo anterior no tópico 4.2.3 para o sistema do tipo Mamdani. O conjunto de regras para duas variáveis pode ser visto abaixo, onde as regras para as capacidades potencial, realizada e para CAT são apresentadas em termos de baixa, média e alta capacidade, condicionadas aos valores das funções de pertinência (0, 0, 0.18, 0.3) para baixa, de (0.18, 0.3, 0.55, 0.7) para média e (0.55, 0.7, 1, 1) para alta.

- Regra 1: Se PO é baixa e RE é baixa, Então CAT é baixa;
- Regra 2: Se PO é baixa e RE é média, Então CAT é baixa;
- Regra 3: Se PO é baixa e RE é alta, Então CAT é média;
- Regra 4: Se PO é média e RE é baixa, Então CAT é baixa;
- Regra 5: Se PO é média e RE é média, Então CAT é média;
- Regra 6: Se PO é média e RE é alta, Então CAT é alta;
- Regra 7: Se PO é alta e RE é baixa, Então CAT é média;
- Regra 8: Se PO é alta e RE é média, Então CAT é alta;
- Regra 9: Se PO é alta e RE é alta, Então CAT é alta.

O resultado final do sistema de inferência Mamdani apresentará os agrupamentos dos setores da indústria de transformação de acordo com as regras estabelecidas em termos linguísticos para as capacidades: Alta, para os setores que apresentarem CAT com o conjunto (0,55 0,75 1 1); Média, para o conjunto de CAT (0,2 0,4 0,55 0,75); e Baixa, para um conjunto de CAT (0 0,2 0,4). As regras dos níveis 1 e 2 para os sistemas de inferência, assim como os esquemas de análises e os resultados se encontram em no anexo. O sistema de

inferência Mamdani para o nível 1(aquisição, assimilação, transformação e exploração) forneceram a entrada para o nível 2 para encontrar as capacidades potencial e realizada, que por sua vez foi a entrada para a agregação no nível 3. Esses passos foram utilizados para viabilizar a aplicação, pois se fosse aplicado a inferência para todas as variáveis de entrada ao mesmo tempo haveria muitas regras, o que poderia não fazer sentido para a proposta de analisar a capacidade absorptiva e as suas dimensões em termos de conjuntos fuzzy.

Figura 14: Defuzzificação do sistema de inferência Mamdani por meio do centro de área .



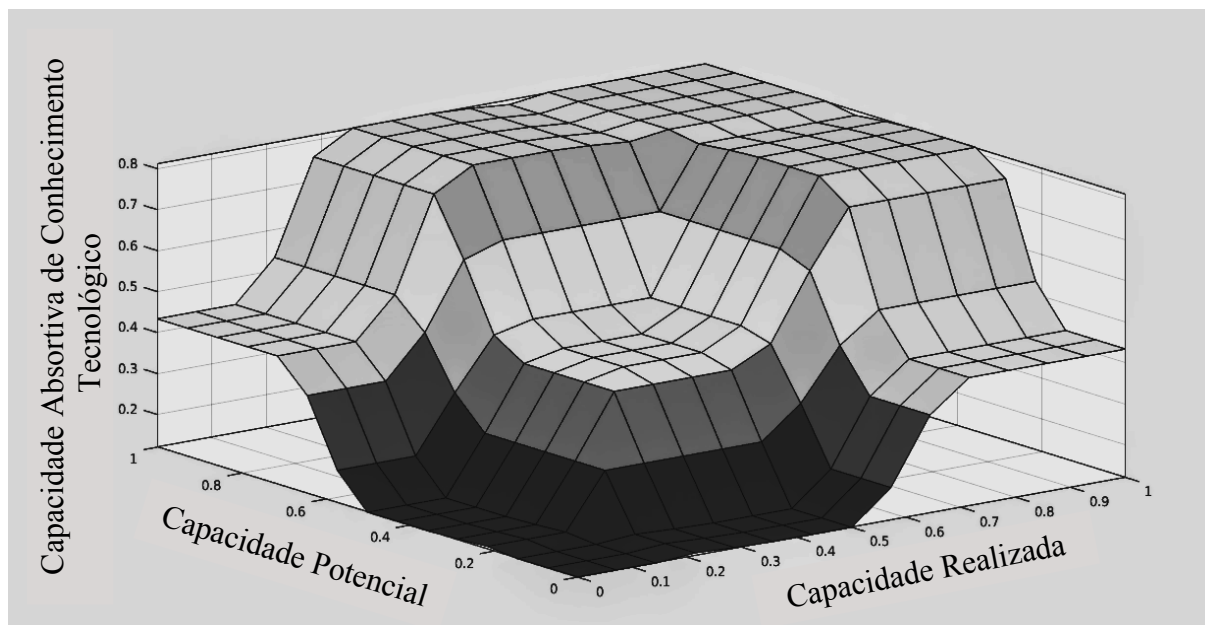
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Capacidade potencial (PO), capacidade realizada (RE) e capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico (CAT).

Portanto, os conjuntos fuzzy do sistema de inferência Mamdani para *CAT* foram pensados para comportar os resultados em termos de proporção com relação aos valores de entrada, das funções de pertinência dos termos linguísticos e do conjunto de regras como apresentado acima para a capacidade de absorção tecnológica. Para tanto, o método de defuzzificação, Figura 14, utilizado foi o de centro de área através do operador *min* aplicado ao sistema de inferência Mamdani. Através deste operado obteve-se o centro de área para *PO* (Capacidade Potencial) o valor de 0.5, determinado pelas capacidades de aquisição e assimilação; as capacidades de transformação e exploração determinam para *RE* (Capacidade Realizada) o valor de 0.5 como centro de área; e para *CAT* (Capacidade de Absorção

Tecnológica) o valor de 0.433 como centro de área. Os valores de centro de área para o sistema de inferência foram obtidos sem a interferência nas relações da entrada ou da saída, pois o intuito da modelagem é compreender as relações causais e para alterar os valores de referência do centro de área no cálculo é preciso primeiro consolidar melhor a abordagem estabelecida.

Gráfico 11: Superfície de interação entre as regras para capacidade potencial e realizada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A superfície de interação do conjunto de regras do sistema de inferência Mamdani para o nível 3, Gráfico 11, apresenta a interação das capacidades potencial e realizada, que compõem a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos. A gradação das cores representa a interação dos graus de pertencimentos referentes às variáveis de entrada do sistema na composição do grau de pertinência da saída. Isso significa que os graus de pertinência mais baixos são os da interação com a coloração mais escuras e as mais altas estão no topo com tons mais claros.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos sistemas de inferência que aqui foram adotados possuem três níveis de inferências, mas serão apresentados os resultados apenas dos níveis 2 e 3. Esses níveis correspondem às capacidades potencial e realizada, além da capacidade total ou de absorção tecnológica. Sendo assim, na Tabela 6, são apresentados os resultados dos graus de pertinência para *PO*, *RE* e *CAT* para os setores da indústria de transformação brasileira.

Tabela 6: Resultado do sistema de inferência fuzzy para capacidade absorptiva no ano de 2011.

| Setores da indústria de transformação | PO | RE | CAT |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Fabricação de produtos alimentícios | 0,12 | 0,59 | 0,26 |
| Fabricação de bebidas | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos do fumo | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos têxteis | 0,81 | 0,64 | 0,80 |
| Confecção de artigos do vestuário e acessórios | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados | 0,13 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de madeira | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de celulose, papel e produtos de papel | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Impressão e reprodução de gravações | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos químicos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos farmacológicos e farmacêuticos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de borracha e de material plástico | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de minerais não metálicos | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| Metalurgia | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos | 0,43 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 0,81 | 0,12 | 0,43 |
| Fabricação de máquinas e equipamentos | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias | 0,81 | 0,12 | 0,43 |
| Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de móveis | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos diversos | 0,13 | 0,12 | 0,12 |
| Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos | 0,43 | 0,12 | 0,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da PINTEC (2011).

Os resultados da Tabela 6 apontam os setores que possuem capacidade alta, média ou baixa de acordo com as regras do sistema de inferência e as variáveis de entrada, tendo em conta os esforços inovativos das empresas. O primeiro fato que chama a atenção e destacado na tabela acima é apenas um setor ter apresentado capacidade absorptiva alta, com indicador de 0,8 para alta capacidade de absorção tecnológica. Isso pode indicar que a trajetória de inovação para a indústria de transformação estaria, de modo geral, abaixo do valor que indica

uma média capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos e que seria esperado para uma condição tecnológica competitiva, pois o único setor que apresentou uma capacidade alta foi o de fabricação de produtos têxteis. Os Setores 1, 18 e 20 apresentaram uma tendência para uma capacidade absorptiva média, pois possuem indicador entre 0.26 para o setor 1 e de 0.43 para os setores 18 e 20, o que denota a possibilidade dos setores estarem em uma área de transição, mas os setores 18 e 20 possuem uma proximidade maior com uma média capacidade absorptiva de acordo com os critérios utilizados no sistema de inferência Mamdani.

Já em termos de capacidade realizada, dois setores se destacaram, o 1 com indicador de 0.59, o que significa uma capacidade média de realização, ou seja, para transformar e explorar o conhecimento absorvido e o setor 4, com indicador de 0.64, o que corresponde uma “quase” alta capacidade de realização, pois se encontra em uma área de transição da função de pertinência como pode ser verificado no Gráfico 11. Quanto a capacidade potencial, os setores 4, 18 e 20, se destacaram e apresentaram uma capacidade potencial alta, com indicador de 0,81 os três, significando que possuem capacidades para adquirir e assimilar o conhecimento com possibilidades acima da capacidade média. Já os setores 17 e 24 apresentaram indicadores que tendem para média capacidade potencial, de 0,43 para ambos.

A mesma dinâmica vale para o sistema de inferência Mamdani para o ano de 2014, apresentado na Tabela 7 abaixo. Os resultados para o ano de 2014 apresentaram algumas semelhanças com os resultados de 2011. A primeira delas foi a continuidade do setor de fabricação de produtos têxteis como o setor que possui a maior indicador para alta capacidade absorptiva, com 0,81. Contudo, a configuração com relação ao ano de 2011 foi diferente, pois apresentou em 2014 uma capacidade potencial menor, com indicador de 0,43 em comparação ao indicador de 0,81 para o ano anterior. Já com relação a sua capacidade realizada o indicador aumentou, foi de 0,64 em 2011 para 0,81 em 2014. Isso pode significar que os esforços para absorver o conhecimento tecnológico no primeiro período pode ter se transformado em um maior grau de capacidade de realização no período subsequente, mas essas mudanças configuracionais não significou a queda da capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos como um todo, pois este indicador se manteve estável.

Outra mudança relevante de configuração das capacidades pode ser percebida para o setor 1, que no ano de 2011 teve um indicador baixo para a capacidade potencial, de 0,12, enquanto que em 2014 aumentou para 0,43. Em termos de capacidade realizada continuou igual, mas dado a mudança na capacidade potencial, o grau de pertencimento para a capacidade absorptiva de conhecimento tecnológico mudou de 0,26 em 2011 para 0,51 em 2014, representando uma tendência para uma média capacidade absorptiva deste setor.

Tabela 7: Resultado do sistema de inferência fuzzy para capacidade absorptiva no ano de 2014.

| Setores da indústria de transformação | PO | RE | CAT |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Fabricação de produtos alimentícios | 0,43 | 0,59 | 0,51 |
| Fabricação de bebidas | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos do fumo | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos têxteis | 0,43 | 0,81 | 0,81 |
| Confecção de artigos do vestuário e acessórios | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de madeira | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de celulose, papel e produtos de papel | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Impressão e reprodução de gravações | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos químicos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos farmacológicos e farmacêuticos | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de borracha e de material plástico | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de minerais não metálicos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Metalurgia | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 0,73 | 0,12 | 0,43 |
| Fabricação de máquinas e equipamentos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de móveis | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Fabricação de produtos diversos | 0,81 | 0,12 | 0,43 |
| Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações da PINTEC (2014).

O setor 18, apesar de ter diminuído um pouco o indicador para a capacidade potencial, saindo de 0,81 em 2011 para 0,73 em 2014, no geral manteve a tendência, e continuou com uma capacidade absorptiva média. Já o setor 20 declinou no ano de 2014 com relação a 2011, pois indicava uma capacidade potencial de 0,81 em 2011 e caiu para 0,12 em 2014, o que resultou em baixo indicador para a capacidade absorptiva no último período analisado.

O setor 23 foi quem demonstrou um desempenho melhor com relação ao período anterior, pois aumentou o indicador para a capacidade potencial, de 0,81 em 2014, frente a 0,43 em 2011, ou seja, melhorou a sua capacidade de aquisição e assimilação de conhecimentos. No entanto, manteve um grau baixo para a capacidade de realização, o que resultou em um desempenho geral tendendo para um indicador médio para a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos em 2014.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo a aplicação do sistema de inferência fuzzy do tipo Mamdani que foi proposto como um dos métodos para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos para as dimensões conceituais de Zahra e George (2002). Os dados da PINTEC para os anos de 2011 e 2014 forneceram as informações para a construção dos conjuntos fuzzy. A modelagem por meio de um sistema de inferência ainda precisa ser amadurecida, mas se mostrou versátil quanto a adequação dos conjuntos fuzzy e no uso de variáveis obtidas da PINTEC. Além disso, mesmo que o uso de dados secundários não capte toda a diversidade das firmas individuais para cada setor da indústria de transformação, representa um avanço nesta direção, na medida que o uso de dados primários ou com mais detalhes das firmas podem fornecer um panorama configuracional mais amplo e, assim, ajude a entender melhor as variáveis utilizadas e as condições causais.

Os dados apresentados na Tabela 3 para a indústria de transformação indicam que na transição do período de 2011 para 2014, quando os dados da PINTEC foram apresentados, o desempenho inovativo das empresas do setor de transformação foi reduzido, já que elas dependeram mais do desenvolvimento de novos produtos por parte de outras empresas ou institutos. No caso dos processos mesmo tendo aumentado a participação no período, ainda assim, a maior parte dos processos novos não são desenvolvidos dentro das empresas. Logo o sistema de inferência orquestrado neste capítulo conseguiu captar um pouco dessa transferência do desenvolvimento da inovação para outras empresas. Isso significa, em termos absorptivos de conhecimento tecnológico e produtivo que as empresas ao transferirem o desenvolvimento de produtos ou processos para terceiros diminuí a sua capacidade de absorção de novos conhecimentos e conseqüentemente a sua capacidade de inovar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Teoricamente na análise da economia da inovação, a heterogeneidade dos recursos da firma é um recurso analítico importante para compreender a diversidade de serviços que podem ser revertidos em oportunidades produtivas, dependendo do conjunto de habilidades que a empresa possua. Pois em um ambiente com diversidade, há diferentes graus de conhecimento tecnológico, o que resulta em distintas magnitudes de experiência das empresas. Logo, a diversidade na análise da firma é relevante do ponto de vista do conhecimento tecnológico que possa promover o desenvolvimento das organizações.

Nesse sentido, a sedimentação de conceitos neo-schumpeterianos serviu de base para a contextualização sobre capacidade absorptiva das firmas. Pois esta abordagem além de abranger os temas de aprendizado e competências organizacionais, é pautado como uma capacidade dinâmica que as firmas devem desenvolver, principalmente nos ambientes com rápidas mudanças tecnológicas. A capacidade dinâmica da firma condiz com a habilidade da organização em incorporar novos conhecimentos para ampliar a sua performance. Sendo assim, o conceito de capacidade absorptiva está interligado com a análise neo-schumpeteriana da firma no sentido de dar ênfase ao conhecimento técnico como um dos seus pilares de análise.

As capacidades de aquisição, assimilação, transformação e de exploração de novos conhecimentos é utilizada em uma quantidade considerável de análises sobre capacidade absorptiva. No entanto, um ponto que ainda difere nas diversas abordagens sobre o tema é a forma como mensurar estas capacidades. A dificuldade em quantificar a capacidade absorptiva pode ser relacionada com diversos fatores, desde se os dados são primários ou não, até na forma como os conceitos são agrupados pelo modelo. Ademais, os instrumentos para mensurar devem ser capazes de capturar as relações dinâmicas da firma inovadora e das diferentes configurações que promovem uma dada capacidade de absorção.

Portanto, observou-se que a mensuração da capacidade absorptiva ainda é um dos principais problemas relacionados ao conceito de capacidade absorptiva. No intuito de propor métodos não binários para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos, foi apresentado no estudo dois métodos com base nos conjuntos fuzzy, um em termos de análise comparativa das combinações causais e o outro por meio de um sistema de inferência. Nessa lógica, a escolha de um método não binário foi feita com o objetivo de encontrar resultados que expressem a diversidade das relações de causalidades, a sua significância por meio da necessidade e suficiência, além das possíveis variáveis que possam ser úteis para compreender a capacidade total de uma organização. Essa perspectiva de análise foi pautada

no método comparativo apresentado por Ragin e Amoroso (2010), que é um “meio termo” entre a análise qualitativa e quantitativa, que tem como principal vantagem segundo os autores, a construção de uma análise da diversidade, o que amplia as possibilidades de compreensão dos fenômenos relacionados com a inovação.

A Teoria dos Conjuntos Fuzzy é neste sentido uma ferramenta analítica adequada para compreender a diversidade. Através dessa teoria é possível construir sistemas de inferência para a análise da capacidade absorptiva que indique as relações de antecedentes e consequentes para uma combinação causal. Nessa sequência, a lógica fuzzy serve para extrapolar as condições binárias dos pressupostos da lógica clássica, permitindo a construção de modelos para a análise de relações imprecisas e complexas. Essa possibilidade de lidar com problemas com variáveis incertas é relevante para as análises econômicas que buscam entender as relações de causalidade em situações onde a diversidade e as mudanças constantes se fazem presente, como é o caso da análise neo-schumpeteriana da firma e da capacidade absorptiva.

O primeiro método apontado como uma possibilidade para mensurar a capacidade absorptiva foi o fsQCA. Este método parte da Análise Comparativa de Qualidade (QCA) associada com conjuntos fuzzy para mensurar as combinações causais, indicando quais são os caminhos mais “adequados” entre as premissas e os consequentes. Essa metodologia demonstra ser capaz de encontrar os caminhos causais mais significativos, pois quando uma combinação é consistente, necessária e suficiente ela indica que a solução encontrada leva ao resultado esperado. Nessa lógica, para que a relação causal seja sustentada pelas premissas, ela precisa ser necessária e suficiente para promover um resultado ideal para um número grande de casos, ou seja, precisa cobrir o maior número de casos das relações lógicas estabelecidas pela tabela verdade.

Já o segundo método apresentado para mensurar a capacidade absorptiva foi o sistema de inferência Mamdani, que parte de premissas ou de um conjunto de antecedentes na entrada do sistema, onde se aplica aos dados regras do tipo “Se...Então” que são constituídas com base no conhecimento do pesquisador sobre o objeto estudado, para gerar um conjunto de saídas consequentes, que pode ser apresentado como um indicador para um termo linguístico como alto, médio, baixo para as capacidades absorptivas. Através do sistema de inferência Mamdani é possível verificar qual combinação de variáveis impacta na capacidade absorptiva de uma determinada firma e o seu vínculo com o termo linguístico.

Os dois métodos apresentados podem ser utilizados para a análise da capacidade absorptiva e estão de acordo com a metodologia de análise comparativa para se pesquisar a diversidade. Eles permitem ainda o avanço teórico do conceito de capacidade da absorção do

conhecimento, pois podem ser usados para mensurar as suas diferentes configurações, desde as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração, até as capacidades potencial e de realização. Nesse sentido, eles cumprem dois dos pré-requisitos para as pesquisas comparativas elencadas por Ragin e Amoroso (2010) e se for constituído um indicador, seja pelo fsQCA ou pelo sistema de inferência Mamdani, pode designar uma relação de significância para as diferentes configurações encontradas para as capacidades de absorção do conhecimento.

O estudo também aplicou um sistema de inferência fuzzy do tipo Mamdani para mensurar a capacidade absorptiva de conhecimentos tecnológicos. Para operacionalizar este sistema de inferência, os dados da PINTEC para os anos de 2011 e 2014 forneceram as informações para a construção dos conjuntos fuzzy. O modelo precisou ser construído em três níveis devido a composição das regras do universo do discurso, $U = R^n$, que precisou ser adequado para no máximo três variáveis antecedentes no primeiro nível para gerar as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração de novos conhecimentos. Existe a possibilidade de incorporar mais variáveis como antecedentes, no entanto, quanto mais antecedentes for incluído, maior será o número de regras que terão implicações na construção lógica das combinações, o que pode resultar em uma diminuição da relevância da análise.

O nível dois do sistema de inferência Mamdani teve como objetivo mensurar as capacidades potencial e realizada, que teve como antecedentes os resultados do nível um para as capacidades de aquisição, assimilação, transformação e exploração. Nessa lógica, os valores de entrada dos níveis dois e três foram informações já defuzzificadas pelo nível um e que foram analisadas pelos níveis subsequentes. Como foi adotado uma única escala, com valores entre 0 e 1, tanto para os antecedentes quanto para os consequentes, não houve problema de compatibilidade e o sistema fazer as inferências fuzzy, pois as saídas também eram conjuntos fuzzy.

O resultado do sistema de inferência Mamdani para o ano de 2011 apontou o setor têxtil como o que possui a maior capacidade absorptiva, com um indicador de 0,80. Esse resultado foi possível pois o setor teve indicador de capacidade de aquisição de 0,80, de assimilação de 0,81, de transformação de 0,64 e de exploração de 0,50. Logo, dentro dos parâmetros das regras “Se...Então”, a combinação de variáveis antecedente alta e média produzem como resultado o consequente alta capacidade absorptiva. Para o ano de 2014 o setor têxtil também se destacou, mas a configuração foi modificada, pois a capacidade de aquisição foi baixa 0,12 e a de transformação foi alta 0,81. Essa mudança de um período para o outro

das configurações que levam ao resultado da capacidade absorptiva serve para ilustrar como o método pode capturar a diversidade de relações de causalidade, pois diferentes arranjos produtivos podem levar a resultados semelhantes.

De modo geral pode concluir que os dados para a indústria de transformação indicaram que na transição do período de 2011 para 2014 da PINTEC, o desempenho inovativo das empresas do setor de transformação foi reduzido, já que elas dependeram mais do desenvolvimento de novos produtos por parte de outras empresas ou institutos. No caso dos processos mesmo tendo aumentado a participação no período, ainda assim, a maior parte dos processos novos não são desenvolvidos dentro das empresas. Logo o sistema de inferência Mamdani orquestrado neste estudo conseguiu captar um pouco dessa transferência do desenvolvimento da inovação para outras empresas, pois a maior parte dos setores tiveram um baixo indicador para capacidade absorptiva. Isso significa, em termos absorptivos de conhecimento tecnológico e produtivo que as empresas ao transferirem o desenvolvimento de produtos ou processos para terceiros diminuí a sua capacidade de absorção de novos conhecimentos e conseqüentemente a sua capacidade de inovar.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDROVNA, Samovoleva Svetlana. Conceito de Capacidade de Absorção: Problemas de Teoria e Prática. **O Mensageiro de Druker**, n. 4, p. 104-114, 2017.
- ALI, Murad; KAN, Konan Anderson Seny; SARSTEDT, Marko. Direct and configurational paths of absorptive capacity and organizational innovation to successful organizational performance. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 11, p. 5317-5323, 2016.
- AMENDOLA, Mariangela; SOUZA, AL de; BARROS, Laécio Carvalho. Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5. **FEAGRI & IMECC/UNICAMP**, p. 1-44, 2005.
- AMINDOUST, Atefeh *et al.* Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. **Applied Soft Computing**, v. 12, n. 6, p. 1668-1677, 2012.
- ARFI, Badredine. **Linguistic fuzzy logic methods in social sciences**. Berlin: Springer, 2010.
- ARROW, Kenneth. **Economic aspects of military research and development**. 1955.
- ARROW, Kenneth. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: **The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors**. Princeton University Press, 1962. p. 609-626.
- ASHBACHER, Charles. **Introduction to Neutrosophic logic**. Infinite Study, 2002.
- BAPTISTA, Makilim Nunes; CAMPOS, Dinael Corrêa de. Metodologias de pesquisa em ciências: análises quantitativa e qualitativa. In: **Metodologias de Pesquisa em Ciências: análises Quantitativa e Qualitativa**. LTC, 2015.
- BARBIERI, Fabio; FEIJÓ, Ricardo Luis Chaves. **Metodologia do pensamento econômico: o modo de fazer ciência dos economistas**. Editora Atlas, 2014.
- BENINI, Luiz Carlos. Estimacão da densidade de solos utilizando sistemas de inferência fuzzy. 2007.
- BENINI, Luiz Carlos. **Uma introdução à teoria dos conjuntos fuzzy**. Natal: Editora UFRN, 2012.
- BISPO, Carlos Alberto F.; CASTANHEIRA, Luiz B.; OSWALDO MELO FILHO, S. **Introdução à lógica matemática**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- BOJADZIEV, George; BOJADZIEV, Maria. **Fuzzy logic for business, finance, and management**. World Scientific, 2007.
- CAMPOS, ALS de. Ciência, tecnologia e economia. **Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Hucitec**, 2006.
- CASELLA, George; BERGER, Roger L. **Statistical inference**. Pacific Grove, CA: Duxbury, 2002.
- COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Innovation and learning: the two faces of R & D. **The economic journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. **Absorptive-Capacity – a New Perspective on Learning and Innovation**. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

CÔRTEZ, Mauro Rocha *et al.* Cooperação em empresas de base tecnológica: uma primeira avaliação baseada numa pesquisa abrangente. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 85-94, 2005.

COWAN, Robin; DAVID, Paul Allan; FORAY, Dominique. The explicit economics of knowledge codification and tacitness. **Industrial and corporate change**, v. 9, n. 2, p. 211-253, 2000.

CRESWELL, John W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa-: Escolhendo entre Cinco Abordagens**. Penso Editora, 2014.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. **Working knowledge: How organizations manage what they know**. Harvard Business Press, 1998.

DE NEGRI, Fernanda. **Determinantes da capacidade de absorção das firmas brasileiras: qual a influência do perfil da mão de obra**. Tecnologia, exportação e emprego. Brasília: Ipea, 2006.

DE NEGRI, J. A.; SALERMO, M. S.; CASTRO, A. B. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. In: DE NEGRI, J. A.; SALERMO, M. S. (Orgs). *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília: IPEA, 2005.

DEMO, Pedro. **Metodologia científica em ciências sociais**. 1989.

DOMÍNGUEZ, Patricia Lagunes; MIRANDA, Alberto Soto; ALVARADO, Sofia Zúñiga. Desarrollo de la Capacidad de Absorción Mediante Prácticas de Gestión del Conocimiento en PYMES Alimentarias del Sector Manufacturero. **Strategy, Technology & Society**, v. 3, 2017.

DOSI, G. **Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change**. *Research policy*, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

FISS, Peer C. A set-theoretic approach to organizational configurations. **Academy of management review**, v. 32, n. 4, p. 1180-1198, 2007.

FLICK, Uwe. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Penso Editora, 2012.

FORAY, Dominique. **Economics of knowledge**. MIT press, 2004.

FORÉS, Beatriz; CAMISÓN, César. The complementary effect of internal learning capacity and absorptive capacity on performance: the mediating role of innovation capacity. **International Journal of Technology Management**, v. 55, n. 1/2, p. 56-81, 2011.

FREITAS, Henrique *et al.* O método de pesquisa survey. **Revista de administração**, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

FRIEDMAN, Milton. **The methodology of positive economics**. 1953.

FURTADO, André Tosi; CARVALHO, Ruy de Quadros. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 70-84, 2005.

GEORGE J, K. L. I. R.; BO, Yuan. **Fuzzy sets and fuzzy logic, theory and applications**. -, 2008.

GRANT, R. M. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic management journal*, v. 17, n. S2, p. 109-122, 1996.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. Edição 5ª. AMGH Editora, 2011.

HELLER, Claudia; PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. Path-dependence, lock-in e inércia. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006.

HURTADO-AYALA, A.; GONZÁLEZ-CAMPO, Carlos H.. Measurement of knowledge absorptive capacity: An estimated indicator for the manufacturing and service sector in Colombia. **Journal Globalization, Competitiveness & Governability, GCG Georgetown University**, v. 9, n. 2, p. 16-42, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Ciência, Tecnologia e Inovação**, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>. Acessado em: 15 de janeiro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Empreendedorismo**, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/empreendedorismo/9145-estatisticas-de-empreendedorismo.html?edicao=18053&t=resultados>. Acessado em: 15 de janeiro de 2018.

IOOTTY, Mariana; SZAPIRO, Marina. Economias de escala e escopo. In: **Economia Industrial, 2ª (Segunda Edição)**. 2012. p. 25-39.

JOHNSON, Richard Arnold *et al.* **Applied multivariate statistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall, 2002.

KANDEL, Abraham. **Fuzzy mathematical techniques with applications**. 1986.

KATZ, Randy H.; BORRIELLO, Gaetano. **Contemporary logic design**. 2005.

KETCHEN, David J.; KETCHEN JR, David J.; BERGH, Donald D. (Ed.). **Research methodology in strategy and management**. Emerald Group Publishing, 2006.

KHATCHATOURIAN, Oleg; TRETER, Jaciara. Aplicação da lógica fuzzy para avaliação econômico-financeira de cooperativas de produção. **JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag. (Online)**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 141-162, 2010.

KOUTSOYIANNIS, Anna. **Modern Macroeconomics**. Springer, 1975.

KOUTSOYIANNIS, Anna. Non-Price Decisions: **The Firm in a Modern Context**. The Macmillan Press Ltd, UK, 1982.

LAGUNES, Patricia et al. Model for Determining the Absorption Capacity of SMES in the Manufacturing Sector. **European Scientific Journal, ESJ**, v. 12, n. 34, 2016.

LANE, Peter J.; KOKA, Balaji R.; PATHAK, Seemantini. The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. **Academy of management review**, v. 31, n. 4, p. 833-863, 2006.

LAZONICK, William. **The theory of innovative enterprise**. INSEAD, 2001.

MAMDANI, Ebrahim H.; ASSILIAN, Sedrak. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International journal of man-machine studies**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.

MAMDANI, Ebrahim H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. In: **Proceedings of the sixth international symposium on Multiple-valued logic**. IEEE Computer Society Press, 1976. p. 196-202.

MARSHALL, Alfred. Princípios de economia: tratado introdutório. São Paulo. Nova Cultural, 1985. (Primeira edição publicada em 1890. Título original: Principles of political economy).

MATLAB; versão 9.2.0 (R2017a), MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, EUA, 2017.

NELSON, Richard R. The simple economics of basic scientific research. **Journal of political economy**, v. 67, n. 3, p. 297-306, 1959.

NELSON, Richard R.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Editora Unicamp, 2005. (Primeira edição publicada em 1982. Título original: An evolutionary theory of the firm).

NEWELL, Allen; SHAW, John Calman; SIMON, Herbert A. Elements of a theory of human problem solving. **Psychological review**, v. 65, n. 3, p. 151, 1958.

NICHOLSON, W. Keith. Álgebra Linear–2ª edição, p.61, 2006. São Paulo Ed.

NONAKA, Ikujiro. A dynamic theory of organizational knowledge creation. **Organization science**, v. 5, n. 1, p. 14-37, 1994.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da teoria de conjuntos fuzzy a problemas da biomedicina**. Tese de Doutorado em Ciências – Instituto de Física. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PAYNE, G. Tyge; ZACHARY, Miles A.; LAFONT, Matt. Configurational Approaches to the Study of Social Ventures. In: **Social Entrepreneurship and Research Methods**. Emerald Group Publishing Limited, 2014. p. 111-146.

PENROSE, Edith Tilton. **A teoria do crescimento da firma**. Editora Unicamp, 2006. (Primeira edição publicada em 1959. Título original: The theory of the growth of the firm).

PIERCE, J. Lamar et al. Dynamic capabilities, competence and the behavioral theory of the firm. **Technological know-how, organizational capabilities, and strategic management**. p. 53-68, 2008.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. Microeconomia. 5ª edição. **São Paulo: Makron**, 2002.

POLANYI, Michael. **The tacit dimension**. Peter Smith, Gloucester, Mass, 1966.

POPPER, Karl R. **Lógica das ciências sociais**. Brasília: Universidade de Brasília, 1978.

- PORTER, Michael E. **Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance**. Simon e Schuster, 2008.
- QUEIROZ, Sérgio. Aprendizado tecnológico. In: **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Editora da Ordem dos economistas do Brasil, 2006.
- RAGIN, Charles C. **Fuzzy-set social science**. University of Chicago Press, 2000.
- RAGIN, Charles C. **Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond**. Chicago: University of Chicago Press, 2008.
- RAGIN, Charles C. User's guide to Fuzzy-Set. **Qualitative Comparative Analysis**, 2008.
- RAGIN, Charles C.; AMOROSO, Lisa M. **Constructing social research: The unity and diversity of method**. Pine Forge Press, 2010.
- RAGIN, Charles C. **The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies**. Univ of California Press, 2014.
- RILEY, Kenneth Franklin; HOBSON, Michael Paul; BENCE, Stephen John. **Mathematical methods for physics and engineering: a comprehensive guide**. Cambridge university press, 2006.
- RIZA, L. S.; BERGMEIR, C.; HERRERA, F.; BENITEZ, J. M. **Pacote 'frbs' para o software estatístico R**. 2014. In: <http://sci2s.ugr.es/dicits/software/FRBS>.
- ROBERTS, Gareth O. Markov chain concepts related to sampling algorithms. **Markov chain Monte Carlo in practice**, v. 57, p.45, 1996.
- SALERNO, Mario Sergio; CASTRO, AB de. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2005.
- SCHNEIDER, Carsten Q.; WAGEMANN, Claudius. **Set-theoretic methods for the social sciences: A guide to qualitative comparative analysis**. Cambridge University Press, 2012.
- SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. Fundo de Cultura, 1961, p.10. (Edição publicada em 1934. Título original: The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and business cycle).
- SEN, Amartya. Economic methodology: heterogeneity and relevance. **Social research**, p. 299-329, 1989.
- SIVANANDAM, S. N.; SUMATHI, Sai; DEEPA, S. N. **Introduction to fuzzy logic using MATLAB**. 2007.
- SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações**. Trad. Luiz João Baraúna, São Paulo: Abril Cultural, 1a ed., 1983. (Primeira edição publicada em 1776. Título original: The theory of the growth of the firm)
- TEECE, David J; PISANO, G. **The Dynamic Capabilities of Firms: an introduction. Industrial and Corporate Change**. v.3, n.3. p. 537-556, 1994.
- TEECE, David J.; PISANO, Gary; SHUEN, Amy. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic management journal**, p. 509-533, 1997.
- TEECE, David J. As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para as economias de industrialização recente. In: **Tecnologia, aprendizado e inovação: as**

experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Unicamp, p. 147-178, 2005.

TEECE, David J. **Dynamic capabilities and strategic management: Organizing for innovation and growth.** Oxford University Press on Demand, 2009.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil.** Elsevier Brasil, 2006.

TIGRE, Paulo Bastos. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1 jan/jun, p. 187-223, 2009.

TODOROVA, Gergana; DURISIN, Boris. Absorptive capacity: Valuing a reconceptualization. **Academy of management review**, v. 32, n. 3, p. 774-786, 2007.

VENKATRAMAN, N.; TANRIVERDI, Hüseyin. Reflecting “knowledge” in strategy research: conceptual issues and methodological challenges. In: **Research Methodology in Strategy and Management.** Emerald Group Publishing Limited, 2004. p. 33-65.

YEUNG, Arthur K. Organizational Learning From Theory to Reality. In: Organizational learning capability. p. 3-18, 1999.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, Lotfi A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. **Information sciences**, v. 8, n. 3, p. 199-249, 1975.

ZAHRA, Shaker A.; GEORGE, Gerard. Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. **Academy of management review**, v. 27, n. 2, p. 185-203, 2002.

ZAWISLAK, Paulo Antônio. A relação entre conhecimento e desenvolvimento: essência do progresso técnico. **Análise**, v. 6, n. 1, p. 125-149, 1995.

ZUCOLOTO, Graziela Ferrero. **Propriedade intelectual, origem de capital e desenvolvimento tecnológico: a experiência brasileira.** Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2010.

ANEXO A – REGRAS PARA INFERÊNCIA DAS DIMENSÕES DAS CAPACIDADES ABSORTIVAS

Regras para o nível 1 do sistema de inferência Mamdani.

Regras para a capacidade de aquisição (AQ):

- Regra 1: Se GAPD é baixa e GACE é baixa, Então AQ é baixa;
 Regra 2: Se GAPD é baixa e GACE é média, Então AQ é baixa;
 Regra 3: Se GAPD é baixa e GACE é alta, Então AQ é média;
 Regra 4: Se GAPD é média e GACE é baixa, Então AQ é baixa;
 Regra 5: Se GAPD é média e GACE é média, Então AQ é média;
 Regra 6: Se GAPD é média e GACE é alta, Então AQ é alta;
 Regra 7: Se GAPD é alta e GACE é baixa, Então AQ é média;
 Regra 8: Se GAPD é alta e GACE é média, Então AQ é alta;
 Regra 9: Se GAPD é alta e GACE é alta, Então AQ é alta.

Regras para a capacidade de assimilação (AS):

- Regra 1: Se GAIPD é baixa e GTR é baixa, Então AS é baixa;
 Regra 2: Se GAIPD é baixa e GTR é média, Então AS é baixa;
 Regra 3: Se GAIPD é baixa e GTR é alta, Então AS é média;
 Regra 4: Se GAIPD é média e GTR é baixa, Então AS é baixa;
 Regra 5: Se GAIPD é média e GTR é média, Então AS é média;
 Regra 6: Se GAIPD é média e GTR é alta, Então AS é alta;
 Regra 7: Se GAIPD é alta e GTR é baixa, Então AS é média;
 Regra 8: Se GAIPD é alta e GTR é média, Então AS é alta;
 Regra 9: Se GAIPD é alta e GTR é alta, Então AS é alta.

Regras para a capacidade de transformação (TR):

- Regra 1: Se POPID é baixa e GPTE é baixa e GAME é baixa, Então TR é baixa;
 Regra 2: Se POPID é baixa e GPTE é baixa e GAME é média, Então TR é baixa;
 Regra 3: Se POPID é baixa e GPTE é média e GAME é alta, Então TR é média;
 Regra 4: Se POPID é média e GPTE é média e GAME é baixa, Então TR é média;
 Regra 5: Se POPID é média e GPTE é alta e GAME é média, Então TR é alta;
 Regra 6: Se POPID é média e GPTE é alta e GAME é alta, Então TR é alta;
 Regra 7: Se POPID é alta e GPTE é baixa e GAME é baixa, Então TR é média;
 Regra 8: Se POPID é alta e GPTE é baixa e GAME é média, Então TR é alta;

- Regra 9: Se POPID é alta e GPTE é média e GAME é alta, Então TR é alta;
- Regra 10: Se POPID é baixa e GPTE é média e GAME é baixa, Então TR é baixa;
- Regra 11: Se POPID é baixa e GPTE é alta e GAME é média Então TR é média;
- Regra 12: Se POPID é baixa e GPTE é alta e GAME é alta, Então TR é média;
- Regra 13: Se POPID é média e GPTE é baixa e GAME é baixa, Então TR é baixa;
- Regra 14: Se POPID é média e GPTE é baixa e GAME é média, Então TR é média;
- Regra 15: Se POPID é média e GPTE é média e GAME é alta, Então TR é alta;
- Regra 16: Se POPID é alta e GPTE é média e GAME é baixa, Então TR é alta;
- Regra 17: Se POPID é alta e GPTE é alta e GAME é média, Então TR é alta;
- Regra 18: Se POPID é alta e GPTE é alta e GAME é alta, Então TR é alta;
- Regra 19: Se POPID é baixa e GPTE é baixa e GAME é baixa, Então TR é baixa;
- Regra 20: Se POPID é baixa e GPTE é baixa e GAME é média, Então TR é baixa;
- Regra 21: Se POPID é baixa e GPTE é média e GAME é alta, Então TR é média;
- Regra 22: Se POPID é média e GPTE é média e GAME é baixa, Então TR é média;
- Regra 23: Se POPID é média e GPTE é alta e GAME é média, Então TR é alta;
- Regra 24: Se POPID é média e GPTE é alta e GAME é alta, Então TR é alta;
- Regra 25: Se POPID é alta e GPTE é baixa e GAME é baixa, Então TR é baixa;
- Regra 26: Se POPID é alta e GPTE é baixa e GAME é média, Então TR é média;
- Regra 27: Se POPID é alta e GPTE é média e GAME é alta, Então TR é alta.

Regras para capacidade de exploração (EX):

- Regra 1: Se GINT é baixa e RLV é baixa e VA é baixa, Então EX é baixa;
- Regra 2: Se GINT é baixa e RLV é baixa e VA é média, Então EX é baixa;
- Regra 3: Se GINT é baixa e RLV é média e VA é alta, Então EX é média;
- Regra 4: Se GINT é média e RLV é média e VA é baixa, Então EX é média;
- Regra 5: Se GINT é média e RLV é alta e VA é média, Então EX é alta;
- Regra 6: Se GINT é média e RLV é alta e VA é alta, Então EX é alta;
- Regra 7: Se GINT é alta e RLV é baixa e VA é baixa, Então EX é baixa;
- Regra 8: Se GINT é alta e RLV é baixa e VA é média, Então EX é baixa;
- Regra 9: Se GINT é alta e RLV é média e VA é alta, Então EX é média;
- Regra 10: Se GINT é baixa e RLV é média e VA é baixa, Então EX é baixa;
- Regra 11: Se GINT é baixa e RLV é alta e VA é média Então EX é média;
- Regra 12: Se GINT é baixa e RLV é alta e VA é alta, Então EX é alta;
- Regra 13: Se GINT é média e RLV é baixa e VA é baixa, Então EX é baixa;

- Regra 14: Se GINT é média e RLV é baixa e VA é média, Então EX é média;
 Regra 15: Se GINT é média e RLV é média e VA é alta, Então EX é alta;
 Regra 16: Se GINT é alta e RLV é média e VA é baixa, Então EX é média;
 Regra 17: Se GINT é alta e RLV é alta e VA é média, Então EX é alta;
 Regra 18: Se GINT é alta e RLV é alta e VA é alta, Então EX é alta;
 Regra 19: Se GINT é baixa e RLV é baixa e VA é baixa, Então EX é baixa;
 Regra 20: Se GINT é baixa e RLV é baixa e VA é média, Então EX é baixa;
 Regra 21: Se GINT é baixa e RLV é média e VA é alta, Então EX é alta;
 Regra 22: Se GINT é média e RLV é média e VA é baixa, Então EX é média;
 Regra 23: Se GINT é média e RLV é alta e VA é média, Então EX é alta;
 Regra 24: Se GINT é média e RLV é alta e VAE é alta, Então EX é alta;
 Regra 25: Se GINT é alta e RLV é baixa e VA é baixa, Então EX é baixa;
 Regra 26: Se GINT é alta e RLV é baixa e VA é média, Então EX é média;
 Regra 27: Se GINT é alta e RLV é média e VA é alta, Então EX é alta.

Regras para o nível 2 do sistema de inferência Mamdani.

Regras para a capacidade absorptiva potencial (PO):

- Regra 1: Se AQ é baixa e ASS é baixa, Então PO é baixa;
 Regra 2: Se AQ é baixa e ASS é média, Então PO é baixa;
 Regra 3: Se AQ é baixa e ASS é alta, Então PO é média;
 Regra 4: Se AQ é média e ASS é baixa, Então PO é baixa;
 Regra 5: Se AQ é média e ASS é média, Então PO é média;
 Regra 6: Se AQ é média e ASS é alta, Então PO é alta;
 Regra 7: Se AQ é alta e ASS é baixa, Então PO é média;
 Regra 8: Se AQ é alta e ASS é média, Então PO é alta;
 Regra 9: Se AQ é alta e ASS é alta, Então PO é alta.

Regras para a capacidade absorptiva realizada (RE):

- Regra 1: Se TR é baixa e EX é baixa, Então RE é baixa;
 Regra 2: Se TR é baixa e EX é média, Então RE é baixa;
 Regra 3: Se TR é baixa e EX é alta, Então RE é média;
 Regra 4: Se TR é média e EX é baixa, Então RE é baixa;
 Regra 5: Se TR é média e EX é média, Então RE é média;
 Regra 6: Se TR é média e EX é alta, Então RE é alta;

Regra 7: Se TR é alta e EX é baixa, Então RE é média;

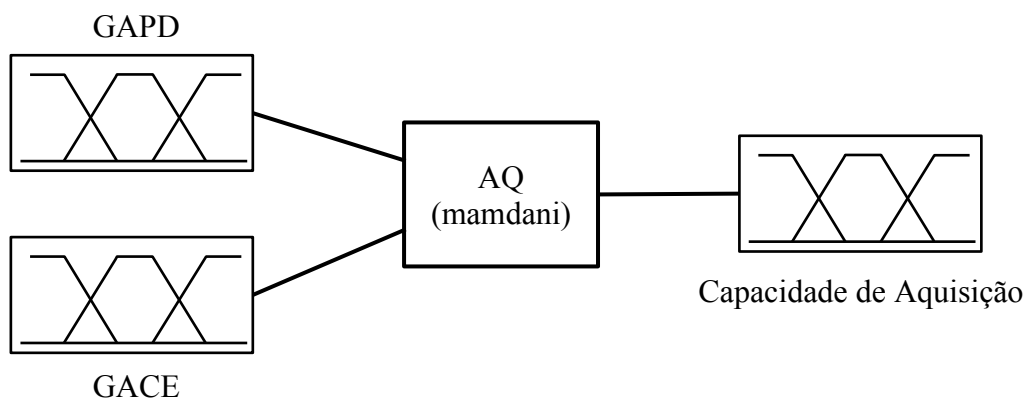
Regra 8: Se TR é alta e EX é média, Então RE é alta;

Regra 9: Se TR é alta e EX é alta, Então RE é alta.

ANEXO B – SISTEMAS DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA AS CAPACIDADES ABSORTIVAS

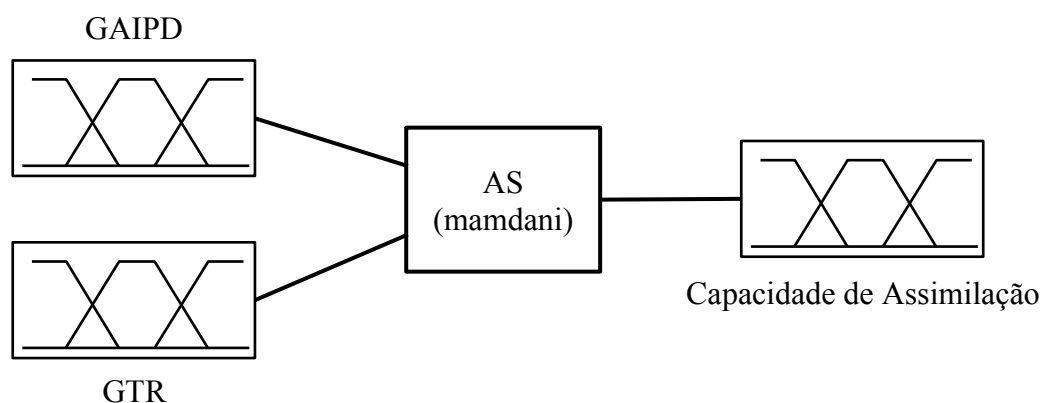
Sistemas de inferência para o nível 1:

Figura 15: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de aquisição.



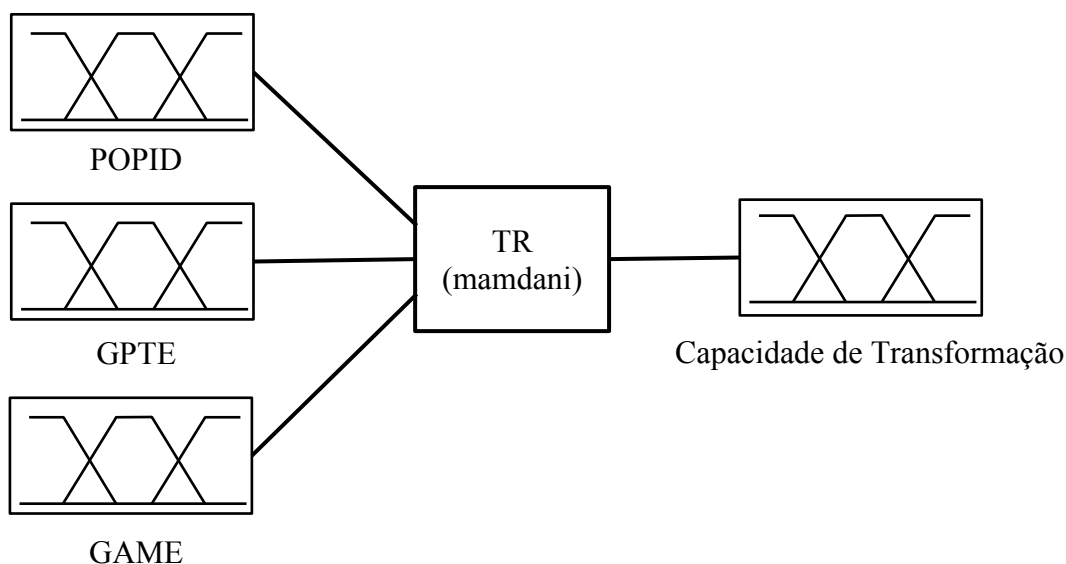
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de assimilação.



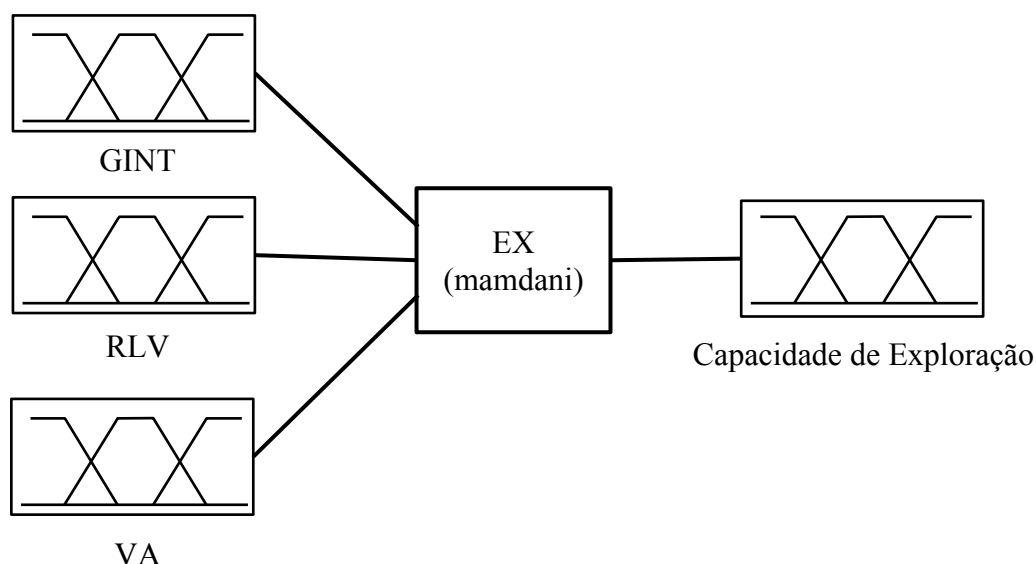
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de transformação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18: Sistema de inferência Mamdani para capacidade de exploração.

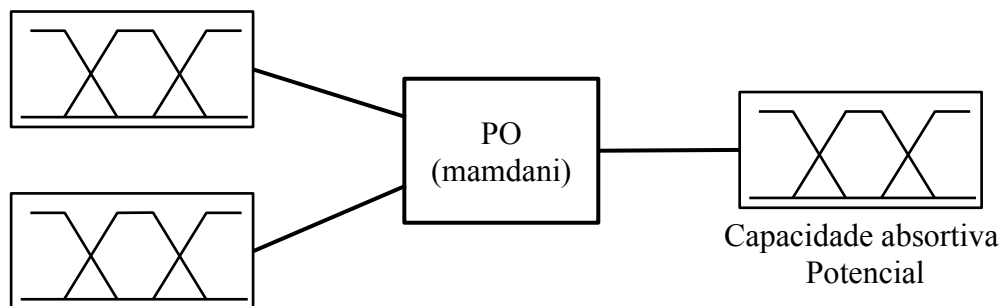


Fonte: Elaborado pelo autor.

Sistemas de inferência para o nível 2:

Figura 19: Sistema de inferência Mamdani para capacidade absorptiva potencial.

Capacidade de Aquisição

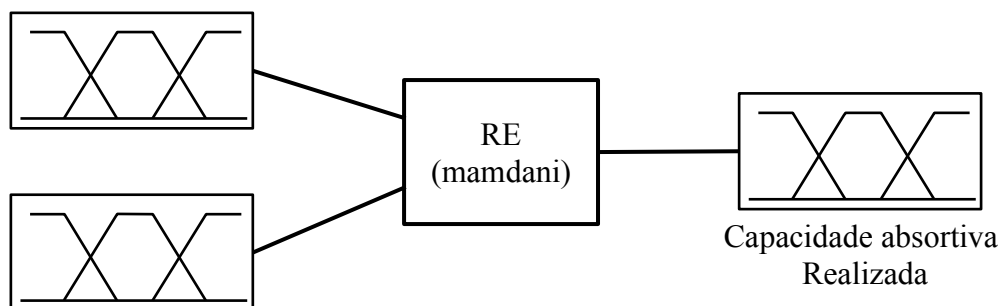


Capacidade de Assimilação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20: Sistema de inferência Mamdani para capacidade absorptiva de realização.

Capacidade de Transformação



Capacidade de Exploração

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO C – RESULTADO DOS SISTEMAS DE INFERÊNCIA MAMDANI PARA AS CAPACIDADES ABSORTIVAS PARA OS ANOS DE 2011 E 2014

Resultado dos sistemas de inferência Mamdani para os anos de 2011 e 2014 do nível 1 em comparação com o nível 3.

Tabela 8: Resultado para os sistemas de inferência Mamdani para as capacidades absorptivas (AQ, ASS, TR, EX, CAT) para o ano de 2011.

| Setores | 2011 | | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | AQ | AS | TR | EX | CAT |
| 1 | 0,12 | 0,12 | 0,43 | 0,62 | 0,26 |
| 2 | 0,12 | 0,12 | 0,32 | 0,13 | 0,12 |
| 3 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4 | 0,80 | 0,81 | 0,64 | 0,50 | 0,80 |
| 5 | 0,12 | 0,12 | 0,33 | 0,13 | 0,12 |
| 6 | 0,12 | 0,25 | 0,35 | 0,12 | 0,12 |
| 7 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8 | 0,13 | 0,43 | 0,43 | 0,12 | 0,12 |
| 9 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,12 |
| 10 | 0,12 | 0,44 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 11 | 0,34 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| 12 | 0,12 | 0,12 | 0,46 | 0,12 | 0,12 |
| 13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 14 | 0,12 | 0,12 | 0,25 | 0,12 | 0,12 |
| 15 | 0,12 | 0,12 | 0,28 | 0,12 | 0,12 |
| 16 | 0,12 | 0,12 | 0,32 | 0,13 | 0,12 |
| 17 | 0,12 | 0,70 | 0,12 | 0,42 | 0,12 |
| 18 | 0,30 | 0,80 | 0,14 | 0,13 | 0,43 |
| 19 | 0,12 | 0,43 | 0,23 | 0,13 | 0,12 |
| 20 | 0,43 | 0,77 | 0,12 | 0,13 | 0,43 |
| 21 | 0,12 | 0,12 | 0,50 | 0,12 | 0,12 |
| 22 | 0,12 | 0,40 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 23 | 0,12 | 0,21 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 24 | 0,35 | 0,40 | 0,12 | 0,13 | 0,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando os dados da PINTEC 2011.

Nota: Os dados em destaque indicam uma capacidade absorptiva entre de 0,25 e 1, ou os resultados com tendências de médias ou altas capacidades.

Tabela 9: Resultado para os sistemas de inferência Mamdani para as capacidades absorptivas (AQ, ASS, TR, EX, CAT) para o ano de 2014.

| Setores | 2014 | | | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | AQ | AS | TR | EX | CAT |
| 1 | 0,12 | 0,7 | 0,43 | 0,62 | 0,51 |
| 2 | 0,12 | 0,12 | 0,32 | 0,12 | 0,12 |
| 3 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 4 | 0,12 | 0,81 | 0,81 | 0,5 | 0,81 |
| 5 | 0,12 | 0,13 | 0,32 | 0,13 | 0,12 |
| 6 | 0,12 | 0,13 | 0,33 | 0,12 | 0,12 |
| 7 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 8 | 0,12 | 0,17 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 9 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 10 | 0,12 | 0,43 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 11 | 0,12 | 0,12 | 0,43 | 0,12 | 0,12 |
| 12 | 0,13 | 0,12 | 0,55 | 0,12 | 0,12 |
| 13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| 14 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,12 |
| 15 | 0,12 | 0,13 | 0,43 | 0,12 | 0,12 |
| 16 | 0,12 | 0,12 | 0,32 | 0,13 | 0,12 |
| 17 | 0,12 | 0,43 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 18 | 0,28 | 0,75 | 0,5 | 0,12 | 0,43 |
| 19 | 0,12 | 0,12 | 0,32 | 0,13 | 0,12 |
| 20 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,12 |
| 21 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 22 | 0,12 | 0,43 | 0,14 | 0,12 | 0,12 |
| 23 | 0,81 | 0,43 | 0,12 | 0,12 | 0,43 |
| 24 | 0,12 | 0,43 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando os dados da PINTEC 2014.

Nota: Os dados em destaque indicam uma capacidade absorptiva entre de 0,25 e 1, ou os resultados com tendências de médias ou altas capacidades.