

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

O MODELO INTENCIONAL DE TRANSPORTE:
Contribuições da Ontologia de Bunge para formalização da Teoria de
Comportamento em Transporte

RONNY MARCELO ALIAGA MEDRANO

ORIENTADOR: PASTOR WILLY GONZALES TACO

TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO: T.TD- 003/2016

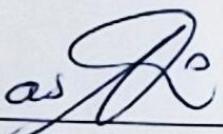
BRASÍLIA/DF: JUNHO – 2016

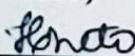
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

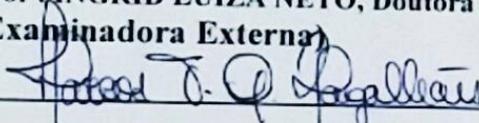
**O MODELO INTENCIONAL DE TRANSPORTE:
CONTRIBUIÇÕES DA ONTOLOGIA DE BUNGE PARA FORMALIZAÇÃO DA
TEORIA DE COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE**

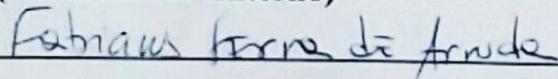
RONNY MARCELO ALIAGA MEDRANO

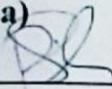
**TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM TRANSPORTES**

APROVADA POR: 

**Prof. PASTOR WILLY GONZALES TACO, Doutor (ENC-UnB)
(Orientador)**


**Prof^a. INGRID LUIZA NETO, Doutora (UDF)
(Examinadora Externa)**


**Prof. MARCOS THADEU Q. MAGALHÃES, Doutor (FAU-UNB)
(Examinador Externo)**


**Prof^a. FABIANA SERRA DE ARRUDA, Doutora (ENC-UNB)
(Examinadora Interna)**


**Prof. PAULO CESAR MARQUES DA SILVA, PhD (ENC-UNB)
(Examinador Interno)**

BRASÍLIA/DF, EM 20 DE JUNHO DE 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

MEDRANO, RONNY MARCELO ALIAGA

O Modelo Intencional de Transporte: Contribuições da Ontologia de Bunge para formalização da teoria de Comportamento em Transporte. [Distrito Federal] 2016.

xvii, 195p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2016).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1. Comportamento de viagem | 2. Ontologia de Sistemas |
| 3. Racionalidade Limitada | 4. Sistemas Multi agentes |
| 5. Modelo Intencional de Transporte | |

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MEDRANO, R. M. A. (2016). O Modelo Intencional de Transporte: Contribuições da Ontologia de Bunge para formalização da teoria de Comportamento em Transporte. Tese de Doutorado em Transportes, Publicação T.TD-003/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 195p.

1.1 CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ronny Marcelo Aliaga Medrano.

TÍTULO: O Modelo Intencional de Transporte: Contribuições da Ontologia de Bunge para formalização da teoria de Comportamento em Transporte.

GRAU: Doutor

ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Ronny Marcelo Aliaga Medrano

ronnymarcelonmt@gmail.com

“Não exijo que uma teoria corresponda à realidade, porque não sei o que ela é. A realidade não é uma qualidade que possa ser testada universalmente. Tudo o que me preocupa é que a teoria deveria prever os resultados de experimentos”.

STEPHEN HAWKING

Agradecimientos

A mis papás queridos Marcelo y Maria por haberme dado la vida y el apoyarme siempre en mi trayecto en la vida. A mis hermanitas queridas Evelyn y Melannie por haber sido la alegría, responsabilidad y amigas de mi vida. A mis abuelas Ruperta (+) y Francisca (mamá Panchita) por todo el apoyo y cariño que me dieron. A mis grandes amigos de toda la vida de Bolivia, Esteban, Israel, Carla, Servando por todo el tiempo que compartimos, tristezas y alegrías de nuestra vida y la gran familia que formamos. A mis tíos y primos que siempre me apoyaron. Por más lejos que me encuentre, siempre estaré para ustedes y nunca los olvidare

Ao Professor Pastor Taco, quem foi meu orientador e um grande amigo durante toda minha estadia no Brasil. A gente conseguiu construir uma boa amizade, e um grande grupo de pesquisa. Agradeço muito pela paciência e apoio durante minha formação no mestrado e no doutorado.

Aos professores participantes da banca de qualificação e da defesa final pelas contribuições e recomendações que puderam nortear melhor o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Marcos Thadeu pelo tempo para me ajudar na fase final da pesquisa de Doutorado.

Aos meus grandes amigos do Brasil Alexandre, Lilian, Erica, Noêmia, José, Vinicius, Francisco, Tiago, por toda a amizade e apoio

A meus colegas, Fernando, Daniel, Antônio, Pedro, Rafael, Fernando R., Almir, Adriano, Denise, Roberto, Mercedes, Luciano, meus compadres Kleber e Katia, e meu afilhado Kleber Filho. Por ser a melhor equipe e grandes amigos, e principalmente uma família no Brasil.

A todos os professores do PPGT e da UnB das disciplinas que cursei pelos conhecimentos aprendidos as quais me ajudaram a construir todo o meu conhecimento sobre a ciência de transporte.

RESUMO

O interesse na abordagem de Comportamento em Transporte tem aumentado nos últimos anos. As mudanças tecnológicas, culturais e econômicas vigentes levam a explorar novos campos da ciência do transporte relacionados ao comportamento das pessoas. A abordagem Baseada em Viagens não consegue acompanhar essas mudanças, e isso gera gargalos quando os seus conceitos tentam ser aplicados. Outra questão importante é a fixação dos profissionais de transporte na etapa previsão de viagens, que remete a prática do planejamento de transporte basicamente em estimação de fluxos futuros, sem aprofundar no fenômeno transportes, nas interações entre o seu sistema e o ambiente, e no mecanismo que leva a esses resultados observados. Contudo, Comportamento em Transporte ainda carece de uma formalização na teoria e sofre de uma divisão cada vez mais atômica na prática científica, que limita a sua viabilidade de ser aplicada pelo profissional do transporte. Diante disso, nessa tese de doutorado buscou-se formalizar e unificar as diferentes teorias de Comportamento em transporte com o intuito de fortalecer e estruturar a abordagem de uma forma robusta, de forma a contribuir com novas soluções aos problemas emergentes e novas formas de consolidar a prática científica. Para isso, foi aplicada a Ontologia de Sistemas de Mario Bunge, tal como foi desenvolvida em Magalhães (2010). Primeiramente, apresenta-se uma revisão dos últimos avanços na literatura de Comportamento de Transporte identificando as principais teorias e abordagens utilizadas na prática científica. Posteriormente, aplica-se a Ontologia de Sistemas de Bunge para sistematizar essas teorias e abordagens. Uma vez sistematizados e identificados os componentes - o ambiente, a estrutura e o mecanismo - foi encontrado que o Comportamento em Transporte atua em um Sistema de Transporte reduzido. Em função desse Sistema Reduzido, foi construído o modelo teórico intencional de transporte, que constitui-se em um conjunto de processos que descrevem o funcionamento do Sistema de Transporte e o indivíduo. Neste modelo teórico as teorias e as abordagens revisadas foram sistematizadas, resultando na modelização do fenômeno de transporte diferente do que existe atualmente. E também é apresentada uma nova concepção do sujeito de transporte racional limitado, que é diferente do agente racional econômico comum ao fundamento da Abordagem Baseada em Viagens e ao Modelo de Quatro Etapas. Posteriormente, é realizada uma análise de comparação entre o Modelo de Quatro Etapas, o modelo de MATSIM, e modelo intencional. Finalmente, aplica-se uma simulação entre o Modelo de Quatro Etapas e MATSIM com um cenário de Brasília 2016. O resultado permitiu observar os alcances e possibilidades de duas abordagens diferentes na simulação de funcionamento de um sistema de transporte. Além disso, são apresentadas perspectivas para uma futura operacionalização do modelo teórico intencional de transporte desenvolvido.

Palavras chave: Comportamento em Transporte, ontologia de sistemas, modelo intencional de transporte, racionalidade limitada, sistemas multi-agentes.

ABSTRACT

The interest in the travel behaviour approach has increased in recent years. Technological, cultural and economic changes lead to explore new transport science fields related to the behavior of people. The trip-based approach cannot keep up with these changes, and this creates bottlenecks when their concepts are intended to be applied. Another important issue is the fixing of transport professionals in the travel prediction step, which refers to the practice of transportation planning basically in the estimation of future flows without delving in transport phenomena, the interactions between your system and the environment, and the mechanism which leads to these observed results. However, travel behaviour still lacks a formalized theory and suffers from an increasingly atomic division in scientific practice, which limits its feasibility to be applied by a transport professional. Therefore, this doctoral thesis sought to formalize and unify the different behaviour theories in transport in order to strengthen and structure the approach in a robust manner, in order to contribute new solutions to emerging problems and new ways to consolidate scientific practice. To do this Mario Bunge systems ontology was applied as developed by Magalhães (2010). First, we present a review of recent advances in travel behavior literature identifying the main theories and approaches used in scientific practice. Subsequently, the Bunge systems ontology is applied to systematize these theories and approaches. Once systematized and identified the components, the environment, the structure and the mechanism, it was found that the travel behavior approach operates at a reduced transport system. Due to that, a theoretical model of transport intentional behavior was built, which is in a set of processes that describe the operation of the transport system and the individual. In this theoretical model the theories and revised approaches were systematized, resulting in the modeling of different transport phenomenon than currently exists. And it also presented a new concept of bounded rationality of transport subject, which is different from common rational economic agent of the trip-based approach and the Four Step Model. Subsequently, a comparison analysis between the Four Step Model, MATSIM, and the intentional model is performed. Finally, a simulation of Brasilia 2016 is applied in the Four Step Model and MATSIM. The results allowed us to observe the scope and possibilities of two different approaches to simulate the operation of a transportation system. In addition, they present perspectives for future operationalization of the theoretical model developed of transport intentional behavior.

Keywords: Travel Behaviour, system ontology, transport intentional behaviour model, bounded rationality, multi-agent systems.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Breve revisão cronológica.....	18
1.1.1	Comportamento em Transportes até o ano 2000.....	19
1.1.2	Comportamento em Transportes após ano 2000.....	22
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	25
1.3	HIPÓTESE.....	25
1.4	OBJETIVO GERAL.....	25
1.5	Justificativa.....	25
1.5.1	Justificativa do problema de pesquisa.....	25
1.5.2	Justificativa da hipótese.....	26
1.5.3	Justificativa do objetivo.....	27
1.6	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	27
1.7	ESTRUTURA DO ESTUDO.....	28
2	A MOBILIDADE COTIDIANA: REVISÃO DOS FUNDAMENTOS DE COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE.....	30
2.1	INTRODUÇÃO.....	30
2.2	novas fronteiras na escolha e na tomada de decisão em incerteza.....	31
2.2.1	A Teoria da Utilidade Esperada.....	32
2.2.2	A Teoria das Expectativas.....	34
2.2.3	A Teoria do Arrependimento.....	38
2.3	Satisfação e Felicidade na escolha do modo de transporte.....	41
2.4	abordagem orientada a vida.....	46
2.5	As implicações espaciais e temporais da Geografia do Tempo no Comportamento em Transporte.....	48
2.5.1	A Teoria da Geografia do Tempo e sua origem.....	49
2.6	Estudos sobre o comportamento em transporte no contexto Brasileiro.....	54

2.7	Agenda futura de pesquisa em Comportamento em transporte	55
2.7.1	A socialização da escolha	55
2.7.2	Sensação e Neuroeconomia	56
2.7.3	A percepção humana do tempo	57
2.7.4	As atitudes implícitas na decisão de escolha do modo de transporte	58
2.7.5	As incertezas do prisma espaço tempo nas redes de transporte	58
2.7.6	Mensurações de benefício da autonomia espaço tempo	62
2.8	Tópicos conclusivos.....	63
3	A TEORIA DOS SISTEMAS DE MARIO BUNGE E O MODELO ONTOLOGICO DOS TRANSPORTES.....	66
3.1	Apresentação.....	66
3.2	A ONTOLOGIA DE MARIO BUNGE.....	66
3.2.1	Noções de Associação e Composição	66
3.2.2	Propriedades e Atributos	68
3.3	A Teoria dos Sistemas de Mario Bunge	72
3.3.1	Definição de Sistema Concreto por Bunge.....	73
3.3.2	Formalização das Características de Sistema Concreto por Bunge.....	75
3.3.3	Estrutura Interna, Externa e Espacial (Configuração).....	77
3.3.4	Subsistemas	78
3.3.5	Montagem e Emergência	80
3.4	O sistema Social de Bunge (sociedade Humana)	82
3.4.1	Características de um sistema social (Sociedade Humana).....	83
3.4.2	Sistema	86
3.5	Uma reflexão do transporte enquanto fenômeno humano	86
3.5.1	Definição de Sistema de Transporte segundo a ontologia de Mario Bunge..	86

3.5.2	Modelo Ontológico do Transporte “Transporte é deslocamento intencional”	88
3.5.3	Explorando as Múltiplas dimensões entre os elementos fundamentais do Transporte.....	90
3.6	Tópicos conclusivos.....	92
4	SISTEMATIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE NO MODELO ONTOLOGICO DE TRANSPORTE... 94	
	Apresentação.....	94
4.1	Explorando as relações entre Os elementos do modelo ontologico de transporte	94
4.1.1	Formalização Geral de Acessibilidade	95
4.1.2	Formalização Geral da Mobilidade	96
4.2	Sistematização das teorias de Comportamento em Transporte no modelo de sistema de transporte.....	97
4.2.1	Formalização dos elementos do modelo ontológico do Transporte e o Sistema de Transporte.....	97
4.2.2	Categorização das Teorias de Comportamento segundo a Ontologia de Sistemas	102
4.3	Modelo Intencional de Transporte	110
4.3.1	O Sujeito de Transporte.....	110
4.3.2	Desenvolvimento do Modelo Teórico	120
4.4	Considerações Finais	140
5	ANÁLISE COMPARATIVA DA MODELAGEM DE DEMANDA DO TRANSPORTE A PARTIR DA PERSPECTIVA DO MODELO INTENCIONAL	142
5.1	INTRODUÇÃO	142
5.2	Instrumento de análise e DE comparação.....	143
5.3	O Modelo de Quatro Etapas.....	144

5.3.2	Análises dos elementos do Sistema de Transporte no Modelo de Quatro Etapas	149
5.3.3	Análise dos processos do mecanismo do Modelo de Quatro Etapas e o Modelo intencional	151
5.4	<i>MULTIAGENT SIMULATION FOR DYNAMIC ACTIVITY – BASED TRANSPORT MODELING - MATSIM</i>	155
5.4.1	Análises dos elementos do Sistema de Transporte no MATSIM.....	158
5.4.2	Análise dos processos do mecanismo do MATSIM e o Modelo intencional	160
5.5	SIMULAÇÕES COMPARATIVAS ENTRE OS DOIS MODELOS.....	164
5.5.1	Método de aplicação e dados utilizados	164
5.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	168
5.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	171
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	173
6.1	condicionantes negativas do desenvolvimento da pesquisa	173
6.2	Conclusões	174
6.2.1	Sobre o desenvolvimento e formalização do critério de classificação em A-Composição e A-Ambiente para transporte	174
6.2.2	Sobre a formalização da ideia de Mecanismo do transporte	175
6.2.3	Sobre a análise dos instrumentos utilizados para representação de modelos de demanda e simulação de sistemas de transporte	176
6.2.4	Sobre o objetivo geral: Sistematizar as Teorias de Comportamento em Transporte para desenvolvimento de um modelo teórico, aderente a natureza intencional do fenômeno de transporte	178
6.3	Recomendações	180
7	BIBLIOGRAFIA	181

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: a) atomização dispersa da abordagem de Comportamento em Transporte; b) subdivisão sistematizada da abordagem de Comportamento em Transporte	24
Figura 1.2: Estrutura do Método de desenvolvimento da tese	29
Figura 2.1 Modelo neoclássico estendido. Fonte: adaptado de McFadden (2014)	42
Figura 2.2 O modelo comportamental da escolha. Fonte: adaptado de McFadden (2014). 43	
Figura 2.3 Prisma espaço-tempo	53
Figura 2.4 O prisma espaço tempo para um indivíduo restrito pela rede de transporte. Fonte: adaptado de Burns, 1979.	59
Figura 2.5 Prisma espaço tempo 3D baseado na rede de transporte. Fonte: Kuijpers et. al., 2010.	60
Figura 2.6 Representação do problema de barreiras topográficas no modelo clássico do prisma espaço tempo. Fonte: elaboração própria.	60
Figura 2.7 Prisma espaço - tempo confiável representado em 3D GIS. Fonte: Chen <i>et al.</i> (2013)	61
Figura 3.1 Esquema dos principais subsistemas de uma sociedade humana (Bunge, 1979, p.203).....	83
Figura 3.2 Modelo "Caixa preta" do Sistema de Transporte. Fonte: Magalhães (2010).....	87
Figura 3.3 Modelo Transporte Intencional. Fonte: Magalhães (2010).....	89
Figura 3.4 Interpretação da Multidimensionalidade dos elementos e sistemas que interagem no fenômeno do Transporte. Fonte: Elaboração própria	91
Figura 4.1 Relações entre os elementos fundamentais do transporte e as propriedades fundamentais do Meio e do Objeto de Transporte. Fonte: Magalhães (2010)	95
Figura 4.2 Relacionamento entre viagens e atividades por indivíduos de um domicílio. Fonte: Brog e Erl (1983).....	112
Figura 4.3 Os três sistemas cognitivos. Fonte: tradução de Kahneman (2003).....	115
Figura 4.4 Estágio de ciclo de vida. Fonte: Elaboração própria.....	119
Figura 4.5 Modelo de viagens para lazer. Fonte: Santos (2013)	120
Figura 4.6 Modelo Ontológico de Transporte	121
Figura 4.7 Tomada de decisão nos dois sistemas. Fonte: Elaboração própria.	123
Figura 4.8 Esquema mecanismo intencional. Fonte: Elaboração própria	123
Figura 4.9 Esquema do modelo intencional de transporte. Fonte: Elaboração própria.....	125

Figura 4.10 Processo mental de tomada de decisão racional limitada. Fonte: Elaboração própria.....	131
Figura 4.11 Estrutura do modelo híbrido de escolha. Fonte: elaboração própria.....	132
Figura 4.12 Estrutura do modelo de utilidade proposto considerando a racionalidade limitada	133
Figura 5.1 Esquema do Modelo de Quatro Etapas. Fonte: Elaboração própria	147
Figura 5.2 Esquema Modelo de Simulação MATSIM. Fonte Elaboração Própria	155
Figura 5.3 Rede de transporte para simulação. Fonte: Elaboração própria.....	165
Figura 5.4 Rede de transporte convertida para o MATSIM. Fonte: Elaboração própria ..	166
Figura 5.5 Localização das residências para as zonas de tráfego. Fonte: Elaboração própria	167
Figura 5.6 Pontos de contagem setor Noroeste - Brasília. Fonte: Elaboração própria.....	168
Figura 5.7 Resultados da simulação VISUM. Fonte: Elaboração própria.....	169
Figura 5.8 Resultados da simulação MATSIM. Fonte: Elaboração própria	169
Figura 5.9 Comparação de fluxos simulados com fluxos observados da coleta de campo (a) VISUM e (b) MATSIM.....	170
Figura 5.10 Comparação de fluxos simulados em cada arco entre VISUM e MATSIM (a) Total analisado; (b) aproximação visual na escala.	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 Categorização da prática científica em Comportamento em Transporte.....	16
Quadro 1.2 Principais teorias e abordagens utilizadas na prática científica de Comportamento em Transportes antes do ano 2000	19
Quadro 1.3 Características chave dos séculos XX e XXI	21
Quadro 1.4 Principais teorias e abordagens utilizadas na prática científica de Comportamento em Transportes depois do ano 2000	23
Quadro 3.1 Quadro-Síntese do Modelo Mínimo de Sistemas de Transporte Escolar Rural.	88
Quadro 3.2 Interfaces que a pesquisa de Transporte precisa desenvolver com outros campos de investigação.	92
Quadro 4.1 Caracterização da Composição, Ambiente, Estrutura e Mecanismo do Sistema de Transporte	99
Quadro 4.2 Categorização das Teorias de Comportamento em Transporte em função do modelo de Sistema de Transporte.....	102
Quadro 4.3 Propriedades do Sujeito de Transporte	121
Quadro 5.1 Quadro de análise do Sistema Transporte - Modelo de Quatro Etapas	149
Quadro 5.2 Quadro comparativo entre processos Modelo intencional – Modelo de Quatro Etapas	152
Quadro 5.3 Quadro de análise Sistema Transporte - MATSIM	158
Quadro 5.4 Quadro comparativo entre processos Modelo intencional – MATSIM	160

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

\square : Elemento Neutro

2^A : Conjunto Potência de A

\neg : Negação

\wedge : Conjunção ('&', na notação de Bunge)

\vee : Disjunção

\rightarrow : Implicação (' \Rightarrow ' na notação de Bunge)

\leftrightarrow : Bicondicional (' \Leftrightarrow ' na notação de Bunge)

iff: "Se, e somente se" – Bicondicional

\exists : Quantificador Existencial

\forall : Quantificador Universal

Θ : Conjunto de todas as coisas ou indivíduos substancias

\mathbb{P} : Conjunto de todas as propriedades

σ : Um sistema qualquer

\mathcal{C} : Composição

\mathcal{C}_A : A-Composição Atômica

\mathcal{E} : Ambiente

\mathcal{E}_A : A-Ambiente ou Ambiente Atômico

\mathcal{S} : Estrutura

\mathcal{S}_A : A-Estrutura ou Estrutura Atômica

\sqsubset : Símbolo da operação de composição entre indivíduos substanciais

\in : Símbolo de relação de pertença

\cap : Símbolo da operação de interseção entre conjuntos

\cup : Símbolo da operação de união entre conjuntos

\triangleright : Símbolo equivalente a 'age, ou exerce ação, sobre'

\mathbb{B} : Conjunto de todas as relações de conexão

$A_\sigma x$: x tem acesso ao sistema σ

$M_\sigma x$: x é móvel sob o sistema σ

1 INTRODUÇÃO

Dentro da ciência do transporte existe uma divisão entre duas abordagens importantes: a Abordagem Baseada em Viagens (*Trip based approach*) e a abordagem de Comportamento em Transporte (*Travel Behaviour*). A Abordagem Baseada em viagens é mais antiga e mais robusta no tocante as teorias e conceitos utilizados. Por sua vez, o Comportamento em Transporte ainda carece de uma teoria formal e apresenta maiores subdivisões do conhecimento na sua prática científica.

A prática científica em Comportamento em Transporte pode ser categorizada da seguinte forma no Quadro 1.1:

Quadro 1.1 Categorização da prática científica em Comportamento em Transporte

Prática científica em Comportamento em transporte	Principais conhecimentos aplicados de abordagens ou Teorias
Estudo da demanda de transporte baseada em atividades	Abordagem Baseada em Atividades
Como são realizados os padrões de viagens?	Abordagem Baseada em Atividades, Geografia do Tempo
Estudo da autonomia espaço-tempo	Geografia do Tempo
Como é realizada a tomada de decisão comportamental?	Teoria da escolha racional, teoria das expectativas
Que fatores afetam a tomada de decisão?	Teoria do comportamento planejado, Teoria do comportamento interpessoal, Teoria da utilidade esperada
Quando que acontece a mudança comportamental?	Teoria da formação do habitat, modelo dos estados de mudança
Como reagem os tomadores de decisão ante intervenções de mudança de comportamento?	Teoria da percepção própria, teoria da configuração de metas
Como afeta o estágio do ciclo de vida na demanda de transporte?	Abordagem orientada a vida

Fonte: Elaboração própria.

Como pode ser observado no Quadro 1.1 existe uma diversidade na prática científica em Comportamento em Transporte. Essa divisão e especialização tem permitido o maior aprofundamento e desenvolvimento de conceitos, técnicas e semânticas. Todavia, têm surgido maiores barreiras e concorrência entre essas especializações ou atomização da pesquisa, como a discordância entre os pesquisadores que defendem a Teoria da Utilidade

Esperada e aqueles que defendem a Teoria das Expectativas. Mas, as diferentes especializações ainda não conseguem explicar todo o mecanismo do funcionamento do Sistema de Transporte, as vezes ficando estancadas na geração de demanda e na escolha de um modo de transporte.

Como vivemos numa era de mudanças tecnológicas, comportamentais do indivíduo e da sociedade humana, as contribuições da prática científica em Comportamento em Transporte podem ser relevantes para o futuro do planejamento em transporte. Dessa forma a formalização da estrutura teórica do Comportamento em Transporte é indispensável, considerando que há uma convergência latente de disciplinas que estudam o fenômeno de transporte dentro dessa abordagem, como a Economia e a Psicologia.

Em função do exposto, a proposta desta tese é a construção da formalização da estrutura teórica do Comportamento em Transporte, distinta da divergência e da atomização presentes na prática científica desta abordagem. Uma crítica importante dentro dessa abordagem é que a prática científica é tão dividida que não se tem um consenso sobre a interpretação do mecanismo imperante no sistema de transporte. Diferente do proposto dentro da Abordagem Baseada em Viagens, na qual o mecanismo do sistema de transporte foi formalizado dentro do Modelo de Quatro Etapas.

Partiu-se do princípio que um caminho para formalização dessa estrutura teórica fosse unificar todo o conjunto teórico para estudar o fenômeno, ou seja, a partir de uma visão holística. Mas, com base ao desenvolvimento realizado ao longo da tese de doutorado, contou-se que uma visão holística não seria apropriada para a compreensão do fenômeno de transporte. Diante disso, optou-se por dar continuidade ao trabalho desenvolvido por Magalhães (2010), que explorou fundamentos para pesquisa em transporte a partir da Ontologia de Bunge.

O modelo ontológico de transporte (Magalhães, 2010) e a mesma ontologia de sistemas desenvolvido por Bunge (1977, 1979, 2003) podem ser capazes de subsidiar a unificação e a formalização da estrutura teórica do Comportamento em Transporte.

Primeiro será realizada uma breve revisão cronológica da abordagem de Comportamento em Transporte. Segundo, nas seções 1.4, 1.5, 1.6 são apresentados, respectivamente, o problema, a hipótese e os objetivos dessa tese. Na seção 1.7 são apresentadas as justificativas; e,

finalmente, na seção 1.8 é apresentada a metodologia de pesquisa e a estruturação do documento.

1.1 BREVE REVISÃO CRONOLÓGICA

Em Comportamento em Transportes, a viagem é o deslocamento que o indivíduo realiza em função de alguma atividade. Pode ser classificada de acordo com algumas de suas particularidades, dentre essas: o horário e o motivo de ocorrência, a sua duração, o modo de transporte escolhido e o grau de liberdade que o viajante possui de realizar viagens; dentro de um contexto de oportunidades e restrições. As viagens diárias mais comuns - trabalho e escola - têm na maioria das vezes destinos fixos e horários determinados, que impõem ao viajante restrições quanto à sua liberdade de escolha. Esse comportamento individual, no espaço e no tempo, sujeito a uma série de restrições, tem sido uns dos princípios da Abordagem Baseada em Atividades (ABA), a estrutura teórica e metodológica mais aplicada do Comportamento em Transportes (Hägerstrand, 1970; Kitamura *et al.*, 2000).

Se comparada a abordagens mais tradicionais, como a baseada em viagens (*Trip Based Approach*), a ABA pode ser considerada mais completa. Os modelos tradicionais consideram a viagem como o único fator de previsão dos fluxos de tráfego, negligenciando fatores relacionados ao indivíduo e a sua decisão de realizar a viagem (Oi e Shuldiner, 1962; Hutchinson, 1974). O propósito de modelos tradicionais, como o atual modelo de Quatro Etapas, utilizado no planejamento de transporte, é analisar fluxos de tráfego baseados em bases de dados altamente agregadas (Ortuzar e Willumsen, 2001). O resultado da aplicação desses modelos tem produzido ferramentas para conceituar e analisar projetos de transporte de grandes proporções (por ex. autopistas, rodovias e pontes). Por sua vez, os modelos derivados da ABA associam a mobilidade individual ao relacionamento entre padrões de atividades humanas, necessidades e interações, e a previsão de demandas individuais baseadas em complexos sistemas (Kutter, 1972; Heidemann, 1981; Hanson e Burnett, 1981; Jones, 1981; Pas, 1990; McNally, 2000; Schönfelder e Axhausen, 2010).

A seguir, as principais teorias e abordagens que compõem o Comportamento em Transportes são apresentadas.

1.1.1 Comportamento em Transportes até o ano 2000

Da década de 70 a 90 o Comportamento em Transportes incorporou diversas teorias abordagens. A princípio Chapin (1965), com apontamentos acerca do processo de tomada de decisões relacionadas às viagens do indivíduo, em função das características do ambiente. Teorias econômicas voltadas para a explicação da escolha de viagens, foram trazidas principalmente da Teoria do Consumidor de Becker (1965). Restrições espaço-temporais impostas aos deslocamentos humanos foram baseadas na Geografia do Tempo de Hägerstrand (1970). De Kutter (1973) veio a abordagem de Comportamento de Grupos Homogêneos, pertencente a Teoria de Papéis Sociais da Psicologia Social, que explica o comportamento humano como sendo o resultado de processos de aprendizagem social no contexto de decisões de viagens (Schönfelder e Axhausen, 2010). Já Heideman (1981) baseando na noção de ecossistema, definiu o comportamento humano como sendo resultado da interação dos indivíduos com o ambiente construído. Mcfadden e Ben-Akiva (1983) contribuíram na modelagem comportamental em transportes com a com a Teoria de Escolha Discreta, na qual a decisão de escolher o modo de transporte baseia-se nas percepções e características do indivíduo. Uma breve descrição dessas teorias e abordagens encontra-se disposto no Quadro 1.1.

Quadro 1.2 Principais teorias e abordagens utilizadas na prática científica de Comportamento em Transportes antes do ano 2000

Abordagem/ Teoria	Descrição	Disciplinas
Teoria Microeconômica do Consumidor (Becker, 1965)	O domicílio é considerado uma unidade produtiva, da mesma forma que uma empresa. Isto é, de acordo com o seu potencial e sua capacidade, este tende a produzir <i>commodities</i> . Para esta produção, ele tende a consumir recursos de tempo e financeiros, a fim de minimizar seus custos e maximizar seus lucros.	Economia, Psicologia, Sociologia, Engenharia Civil
Abordagem Motivacional (Chapin, 1965)	A percepção do indivíduo de seu ambiente é determinante para a sua avaliação do contexto situacional da escolha da atividade e da viagem. Esse contexto diz respeito à forma como as atividades humanas ocorrem na área urbana. O “processo de tomada de decisão para programação e execução de atividades” é um sistema de três componentes, sendo eles: i) a motivação para executar uma atividade; ii) a escolha de uma opção potencial para satisfazer a demanda; e, iii) o resultado do processo de decisão.	Psicologia, Sociologia, Engenharia Civil, Arquitetura

Abordagem/ Teoria	Descrição	Disciplinas
Geografia do Tempo (Hägerstrand, 1970)	As restrições impostas ao indivíduo para a realização de suas atividades diárias são resultantes de uma série de exigências inerentes a interação humana, ligadas a convenções e regras culturais, jurídicas e organizacionais. i) “Restrições de capacidade”: são limites biológicos relacionados às necessidades vitais dos indivíduos; ii) “Restrições de acoplamento”: requerem que as pessoas estejam em um local num determinado horário; iii) “Restrições de autoridade”: são limites previamente estabelecidos, como horário de entrada e saída de trabalho ou estudo, ou aqueles fixados por dispositivo legal.	Geografia, Economia, Sociologia
Comportamento de Grupos Homogêneos (Kutter, 1973)	Baseada na Teoria de Papéis Sociais, que explica o comportamento como um resultado de aprendizagem social, dita que o comportamento individual está incorporado em estruturas fixas que são predefinidas por imposições de instituições como a escola ou a família; e, em função disso, existe uma alta probabilidade de as pessoas se adaptarem a essas estruturas.	Psicologia, Sociologia
Abordagem Sócio-ecológica (Heidemann, 1981)	Com base em teorias da investigação sobre os ecossistemas, define o comportamento humano como sendo resultado da interação entre indivíduos e famílias com o seu ambiente, em especial com a infraestrutura técnica e social. A interação entre o lado da procura e da oferta de oportunidades leva a decisão ou escolha de situações que relacionam as necessidades de um indivíduo com as oportunidades e potencialidades em seu ambiente.	Sociologia
Teoria de Escolha Discreta e Utilidade Aleatória (McFadden e Ben-Akiva, 1983)	Baseada na Teoria Microeconômica do Consumidor, os aspectos monetários relativos ao uso do tempo foram introduzidos a partir da inferência de que os recursos disponíveis no domicílio são resultantes da combinação de dois elementos: i) Renda obtida pelo tempo de trabalho de mercado, ou seja, tempo gasto na produção de um bem ou serviço que tenha algum valor para o mercado e seja passível de mensuração monetária; e, ii) Renda perdida, ou seja, tempo gasto em outras atividades não passível de tal mensuração.	Economia, Psicologia, Sociologia, Engenharia Civil

Fonte: Elaboração a partir de Schönfelder e Axhausen (2010)

A maioria dessas contribuições são abordadas em distintas disciplinas. Observa-se que antes do ano 2000 o interesse do entendimento do fenômeno do transporte já era parte de muitas disciplinas, como Engenharia Civil, Economia e Psicologia. Portanto, a ciência do transporte já apresentava uma característica de multidisciplinariedade. Contudo, a forma de abordar o entendimento do fenômeno transporte sempre ocorreu a partir de um ponto de vista unidisciplinar.

Essa descrição de teorias ou abordagens foi realizada com o intuito de ilustrar como foi embasada a pesquisa em Comportamento em Transporte até o ano 2000. Propositalmente, foi feita uma separação no texto considerando o período antes do ano 2000 e o período depois do ano 2000, já que são períodos distintos, considerando o excepcional quadro de mudanças socioculturais e econômicas pós o ano 2000. Essas mudanças tiveram um impacto no fenômeno do transporte, e portanto muitas teorias ou abordagens tiveram que se adaptar ou se rever ante essas mudanças. Para uma melhor ilustração a Quadro 1.3 apresenta as principais características chave que sofreram mudanças entre os séculos XX e XXI (Penna, 2012; Geels, 2010; Rimmer, 1988; Keikaku, 1984).

Quadro 1.3 Características chave dos séculos XX e XXI

Característica	Século XX	Século XXI
1. População	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento rápido • Sociedade jovem 	<ul style="list-style-type: none"> • Estável ou em decréscimo • Sociedade envelhecida
2. Família	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição da família tradicional 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificação da família e individualização
3. Identidade	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças de comunidades regionais a sociedades locais de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Identidade seletiva – família/local de trabalho comunidade/grupo informal
4. Espaço residencial	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças de vilas para cidade (formação de cidades de grande porte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Misturas de estruturas urbanas na cidade, abandono das pequenas cidades •
5. Consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de consumo básico a consumo seletivo • Externalização da família 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão de consumo criativo
6. Educação	<ul style="list-style-type: none"> • Educação da escola 	<ul style="list-style-type: none"> • Educação da vida
7. Trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de trabalho fixos 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de trabalho flutuantes
8. Informação	<ul style="list-style-type: none"> • Uni direcional (comunicação e massa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação em dois sentidos (rede de informação) • Diversificação da informação (diminuição das diferenças) • Intensificação da informação (expansão de diferenças)

Característica	Século XX	Século XXI
9. Industria	• Mudança de agricultura a manufatura	• Serviços
10. Energia	• Combustíveis fósseis	• Novas energias: solar, hidrogeno
11. Sistema de administração politica	• Intensificação	• Diversificação ou integração do alto nível
12. Relacionamento com o mundo	• Expansão da internacionalização	• Internacionalização fusionada ou internacionalização isolada
13. Natureza da civilização	• Estabelecimento da civilização da manufatura	• Grande civilização da manufatura • Civilização que abandona a manufatura

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível notar a partir da leitura da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o comportamento das pessoas tem sofrido grandes mudanças desde o ano 2000 e, da mesma forma, o fenômeno do transporte também. Em função disso, será revisto o histórico abordagem de comportamento em transporte após o ano 2000.

1.1.2 Comportamento em Transportes após ano 2000

Já no século XXI, importantes contribuições que refletem a preocupação com as mudanças no comportamento de viagens dos indivíduos, e que têm fundamentando o quadro atual de Comportamento de Transportes, podem ser citadas.

Sheller e Urry (2006) observaram mudanças nas viagens a partir da geração de novas demandas por deslocamentos, resultantes do advento de tecnologias de comunicação (Schönfelder e Axhausen, 2010). O brasileiro Vasconcellos (2000) dedicou esforços à compreensão dos aspectos sociológicos de transportes.

Cabe um destaque, novamente, para a Geografia do Tempo de Hägerstrand. Nesse período, pôde ser aplicada com maior força devido ao desenvolvimento das tecnologias de SIG, e *Global Position System* (GPS), que auxiliam a coleta de dados e permitem a realização análises mais robusta, inviáveis na década de 70. Nessa linha, destacam-se trabalhos como Weber e Kwan (2002), Kim e Kwan (2002), Wu e Miller (2002), dentre outros.

Finalmente, foram publicados uma série de trabalhos empíricos baseados Teoria de Escolha Discreta e Utilidade Aleatória, que subsidiaram estudos sobre temas como estilo de vida e ciclo de vida dos indivíduos que permitem um maior entendimento dos aspectos inerentes a

tomada de decisão de realizar uma viagem. Cabe destacar trabalhos como Zhao (2009), Scheiner (2007), Xiong e Zhang (2014), dentre outros.

Uma breve descrição dessas teorias e abordagens encontra-se disposto no Quadro 1.4.

Quadro 1.4 Principais teorias e abordagens utilizadas na prática científica de Comportamento em Transportes depois do ano 2000

Abordagem/ Teoria	Descrição	Disciplinas
Abordagem sociológica Vasconcellos (2000)	Incorpora aspectos sociais, políticos e institucionais inerentes à movimentação de pessoas. Além disso, o foco antes dado aos aspectos ligados à infraestrutura e o ambiente passa a ser analisado pela ótica do indivíduo enquanto componente de um grupo social, referente a seres políticos e seus papeis no trânsito.	Sociologia, Engenharia de transporte
Abordagem de redes sociais Sheller e Urry (2006)	Os fluxos e reuniões de objetos, tecnologias, e, especialmente, as pessoas, produzem pequenos mundos que exigem conexões e pontos de encontro. Uma nova abordagem de redes sociais (analítica) chamada de <i>mobilidades</i> discute e pesquisa como o tráfego entre esses lugares é organizado, por um lado, pelas tecnologias tradicionais de mobilidade, como carros ou aviões, e, por outro lado, por ferramentas de rede tais como mensagens de e-mail, ou internet. Com esta compreensão das redes sociais como um facilitador de redes virtuais e físicas, bem como o movimento dentro delas, as viagens funcionam como um meio de satisfazer os requisitos de movimento para um resultado do trabalho de <i>networking</i> humano.	Sociologia, Psicologia
Geografia do Tempo Hägerstrand (1970)	Maiores pesquisas na análise da acessibilidade individual e no desenvolvimento do prisma espaço tempo. Com a implementação de novas tecnologias de informação, se aprofunda no conceito dos espaços virtuais e sua interação com o prisma espaço tempo.	Geografia, Economia, Sociologia, Engenharia de Transporte
Teoria de Escolha Discreta e Utilidade Aleatória McFaddem (1983)	O estilo de vida e a acessibilidade são analisados como fatores que influenciam o comportamento para viagem. O estilo de vida pode ter uma influência importante no que diz ao respeito da escolha modal. A acessibilidade é estudada sobre seus impactos na escolha modal, na escolha do local de destino, e na escolha do padrão de atividade.	Economia, Psicologia, Sociologia, Engenharia de Transporte
Teoria das Expectativas (<i>Prospect Theory</i>) Daniel Kahneman e Amos Tversky (1979)	Esta teoria foi desenvolvida desde o ano 1974, a ideia principal desta teoria trata-se da crítica ao modelo de utilidade onde o indivíduo é considerado como racional, o que na realidade não acontece. Para a teoria das expectativas o indivíduo é considerado irracional quando tem que tomar decisões, em especial em situações de risco. A aplicação da Teoria das expectativas no transporte ainda é incipiente e promete ser uma linha de pesquisa interessante para	Economia, Psicologia

	contribuir no estudo do comportamento em transporte.	
Abordagem orientada a vida Lazendorf (2003); Xiong e Zhang (2014)	Esta área se foca no desenvolvimento da demanda de transporte em relação ao estágio de ciclo de vida das pessoas. A hipótese proposta para esta abordagem é que a demanda por viagem de uma pessoa é relativamente estável no médio prazo, mas passível de mudanças significativas no contexto de alguns eventos chave no estágio do ciclo da vida.	Psicologia, Sociologia, Engenharia de Transporte Demografia

Fonte: Elaboração própria

Desde 2000 poucas teorias têm sido propostas para o estudo do fenômeno do transporte, mas ainda se mantem a aplicação de teorias levantadas antes desse ano. Como foi indicado na seção anterior, as mudanças individuais, familiares e tecnológicas ocorridas no século XXI, podem ter influenciado o comportamento de viagem das pessoas, que reflete no aumento do interesse na pesquisa do fenômeno do transporte por várias disciplinas, e também o nascimento da formação em Engenharia de Transporte. Atualmente, o crescente número de pesquisas em distintas áreas e disciplinas reforça o pensamento de que transporte é um fenômeno que pode ser abordado de uma forma multidisciplinar.

Diante do contexto apresentado, a abordagem de comportamento em transporte apresenta muita subdivisão de pesquisa em diferentes especialidades, mas essa subdivisão não apresenta caminhos que permitam o relacionamento entre as diferentes especialidades produzindo um conhecimento muito fragmentado. Assim, a partir do seu status atual ainda não foi estabelecido um entendimento claro do fenômeno de transporte. Portanto, uma estruturação e sistematização de todo o conhecimento desenvolvido na abordagem de Comportamento em Transporte é necessário para atender as lacunas teóricas e estabelecer relações estruturadas entre os conhecimentos especializados (Figura 1.1).

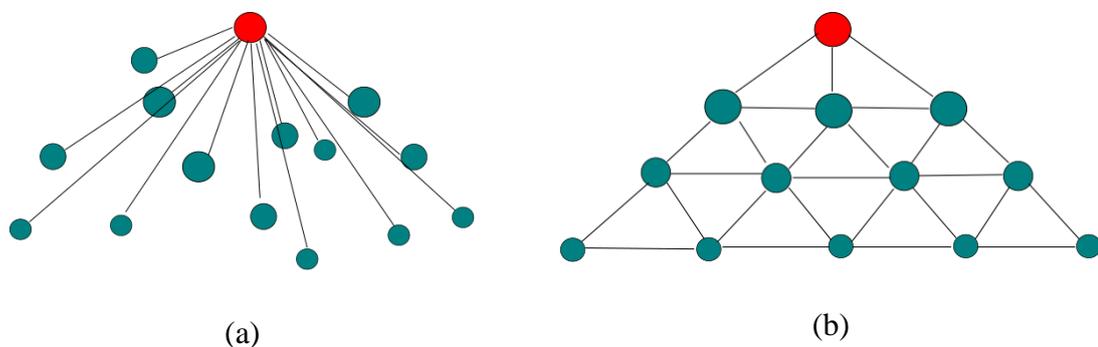


Figura 1.1: a) atomização dispersa da abordagem de Comportamento em Transporte; b) subdivisão sistematizada da abordagem de Comportamento em Transporte

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Diante a atomização que a prática científica está atualmente experimentando na área de pesquisa de comportamento em transporte, pergunta-se: Como reconstruir os fundamentos de Comportamento em Transporte para o desenvolvimento de uma formalização de sua teoria?

1.3 HIPÓTESE

A Ontologia e a Teoria de Sistemas de Mario Bunge permitem sistematizar e formalizar as distintas teorias aplicadas na prática científica de comportamento em transporte dentro de um modelo teórico de comportamento em transporte.

1.4 OBJETIVO GERAL

Para responder essa pergunta a tese contempla o seguinte objetivo geral estrutural:

- Sistematização das Teorias de Comportamento em Transporte para desenvolvimento de um modelo teórico, aderente a natureza intencional do fenômeno de transporte;

Como objetivos específicos de subsidio se tem:

- Especificação do critério de classificação da Composição e Ambiente da ontologia de Bunge para aplicar ao sistema de transporte;
- Formalizar a ideia de Mecanismo do transporte sob a ontologia de Bunge;
- Analisar os instrumentos utilizados para representação de modelos de demanda e simulação de sistemas de transporte.

1.5 JUSTIFICATIVA

1.5.1 Justificativa do problema de pesquisa

A prática científica em transporte têm aumentado nos últimos anos, algumas vezes trazendo novos conceitos teóricos. Outras vezes, focando mais na otimização de técnicas e modelos matemáticos e heurísticos clássicos. Mas, fora do mundo acadêmico, o objeto de estudo do transporte é essencialmente a previsão de demanda. Como exposto por Willumsen (2015) “*Quanto podemos atualmente prever o futuro?*”. A previsão clássica de demanda, que é aplicada na prática de estudos de transporte, ainda segue a linha econômica. Mas, como pode-se observar a previsão de demanda sempre fica dependente de eventos externos que podem mudar contextos de uma forma significativa, e, portanto, pode levar aos estudos a errar nas previsões.

Situações como a recente crise econômica mundial tem levantado questões relacionadas a incerteza que pode existir no mundo. E, principalmente, tem demonstrado que as pessoas não se comportam de uma forma racional como sempre foi fundamentado pela economia (Willumsen, 2015). Mas a mesma base teórica que se aplica na prática de transporte, especificamente a modelagem de transporte, mantém modelos que partem da premissa do comportamento racional das pessoas e de uma visão linear e fatiada por horizontes temporais do transporte.

O Comportamento em Transporte tem buscado por respostas para essas questões comportamentais acerca das decisões dos indivíduos em suas viagens, trazendo novas perspectivas de abordar os problemas de transporte. Exemplo, estudar as incertezas e riscos que os indivíduos podem adotar em uma viagem diária. E, principalmente, uma grande contribuição desta linha de pesquisa é que tem levantado questões interessantes de que o processo de transporte não só é determinado pelos aspectos econômicos, mas também por aspectos psicológicos, sociais e tecnológicos.

O questionamento do professor Willumsen vai além da necessidade de incorporar novas variáveis nos modelos, se remete também ao imperativo de revisar os fundamentos teóricos do transporte. Podemos levantar o questionamento que o fenômeno de transporte tem se tornado mais dinâmico, e que os comportamentos esperados podem variar muito dependendo de fatores externos (culturais, sociais, territoriais, etc.) além de fatores econômicos clássicos (tempo, distancia, custo, etc.) ao longo do tempo.

1.5.2 Justificativa da hipótese

Esta tese busca dar continuidade ao trabalho desenvolvido por Magalhães (2010). As contribuições de Magalhães (2010) são importantes para desenvolver os fundamentos teóricos da ciência de transporte. Dentro das contribuições científicas encontra-se: a formalização do sistema de transporte em função da ontologia de Bunge e formulação de um modelo ontológico do fenômeno de transporte.

Com base a essas formulações ontológicas, é possível desenvolver uma estrutura teórica mais rica para formalizar uma teoria de Comportamento em Transporte. Ressalta-se que nas atuais práticas científicas não existe maiores ontologias além das pertencentes da Teoria Racional da escolha ou da microeconomia.

A partir dessas contribuições, a presente tese procura aprofundar ainda mais na formalização do conceito do mecanismo do sistema, que não foi abordado no trabalho de Magalhães (2010).

Além disso, desenvolvendo ainda mais nas formalizações propostas no trabalho de Magalhães (2010) da ontologia de Bunge, é possível chegar a um modelo de transporte que consiga representar o conceito de: “transporte é um fenômeno intencional humano”. Essa contribuição pode ser considerada como uma inovação dentro da estrutura teórica do Transporte.

1.5.3 Justificativa do objetivo

Teorias oriundas de outras disciplinas são buscadas para embasar estudos de transporte. Da mesma forma, para distintas disciplinas existem diferentes perspectivas para abordar os problemas de transporte. O que pode levar a diferentes formas de propor soluções para os problemas levantados de transporte. Ante essa situação, existe uma lacuna de uma visão integral e sistêmica da forma de encarar o problema de transporte. O fenômeno de transporte não é um evento isolado da Economia ou da Psicologia. Mas, ainda se carece de ferramentas ou métodos para poder integrar as diferentes teorias e visões disciplinares que analisam transporte.

Assim, uma integração de teorias e das distintas dimensões que interagem no fenômeno de transporte pode permitir um enriquecimento da literatura de transporte, estimulando a realizar pesquisas inovadoras que não fiquem centradas numa só linha de pensamento, de forma a propor soluções ou novas contribuições na pesquisa em transporte.

Não somente a integração das teorias pode trazer contribuições, mas a forma utilizada nesta tese para realizar essa integração e o modelo proposto podem promover a discussão científica, e bem trazer novas perspectivas e reflexões sobre os mesmos. Como também novos caminhos alternativos aos propostos nesta tese para poder responder ao problema formulado.

1.6 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para consecução dos objetivos traçados de pesquisa é composto por quatro fases, detalhadas a seguir:

1º Fase Revisão Bibliográfica:

A revisão bibliográfica foi realizada em duas etapas.

Na primeira etapa, foi feita a revisão bibliográfica teórica e empírica nos seguintes temas: Comportamento em Transportes, e Geografia do Tempo. Os resultados dessa revisão compõem o segundo capítulo desse documento elaborando uma ontologia das definições a ser utilizadas no documento. Na segunda etapa foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a Teoria do Sistemas de Mario Bunge, a fim de auxiliar a elaboração de um método científico que subsidie a caracterização do fenômeno de transporte com base na identificação de seus elementos.

2º Fase – Desenvolvimento da sistematização do Comportamento no Modelo Ontológico.

A finalidade de esta etapa é sistematizar as Teorias de Comportamento em Transporte dentro de um Modelo Teórico formalizado pela ontologia de Transporte proposto por Magalhães 2010. Essa sistematização permitirá explorar e aprofundar as relações e conceitos do Sujeito em Transporte e desenvolver o mecanismo que represente o fenômeno intencional humano.

3º Fase – Análise Crítica da definição do Modelo Ontológico de Transporte na Modelagem de Demanda de Transporte: serão realizadas discussões sobre os alcances e expansões do estado da Arte da Modelagem de Demanda de Transporte desde o ponto de vista do Modelo Teórico desenvolvido.

4º Fase – Conclusões e discussões: são apresentadas as conclusões, comentários e indicativos para futuras investigações.

1.7 ESTRUTURA DO ESTUDO

A Figura 1.2 ilustra a distribuição de capítulos, conforme as etapas previstas.

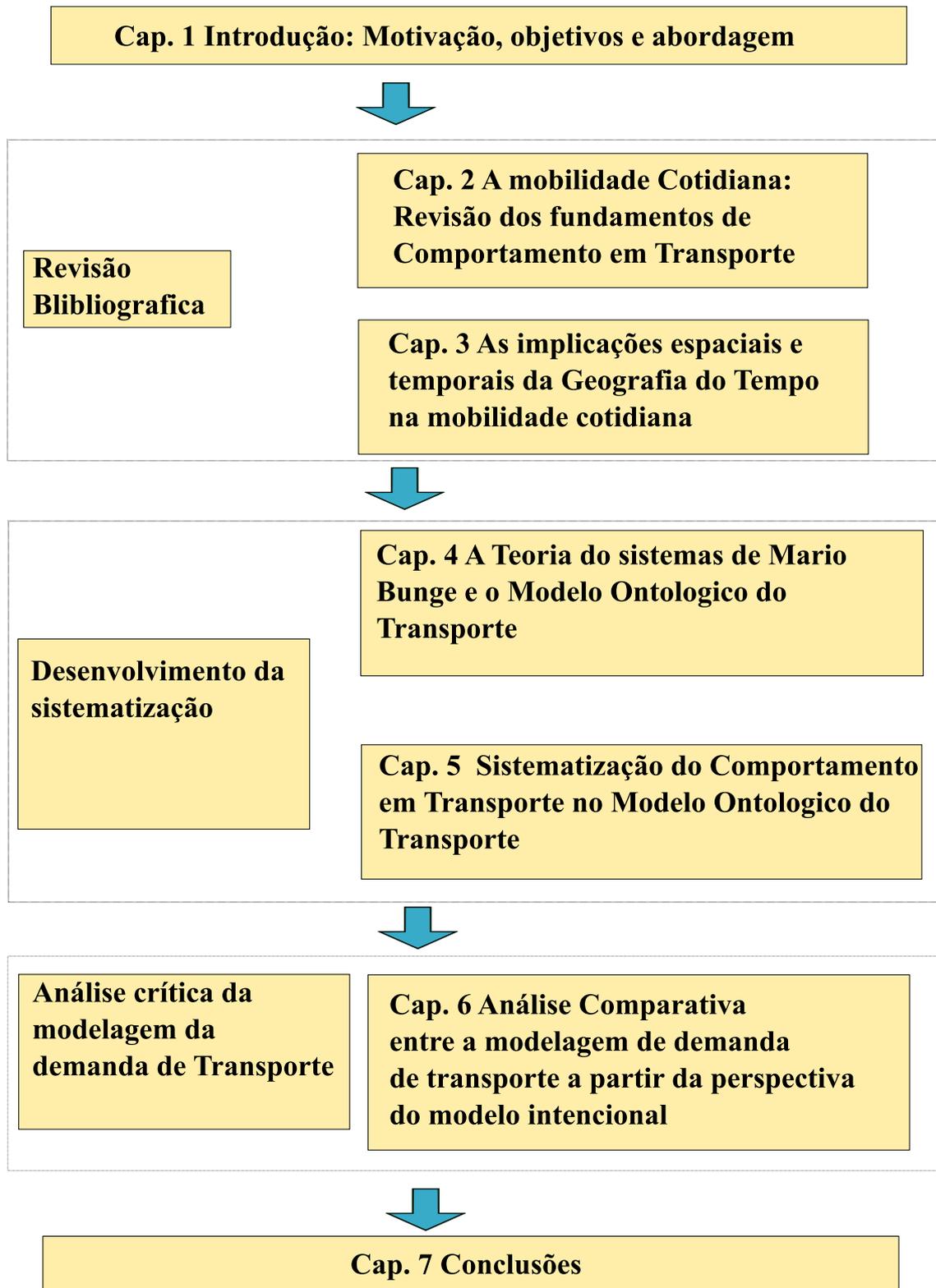


Figura 1.2: Estrutura do Método de desenvolvimento da tese

2 A MOBILIDADE COTIDIANA: REVISÃO DOS FUNDAMENTOS DE COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE

À luz do crescente número de pesquisas em Comportamento em Transporte, este capítulo apresenta uma revisão do estado da arte e trazer uma discussão das mais recentes contribuições nesta área de pesquisa. É enfatizada a forma como os últimos avanços nas pesquisas de Comportamento em Transportes tem aprofundado o entendimento acerca das atividades humanas e decisão de realizar viagens no espaço e no tempo. A partir desta revisão da literatura, é proposta uma agenda de pesquisa para lidar com as questões do Comportamento em Transportes que ainda precisam de maiores aprofundamentos.

2.1 INTRODUÇÃO

Para Baird e Zhao (2015) o estudo de como as pessoas fazem as escolhas para viajar tem sido tradicionalmente orientado pela análise microeconômica da idealização de atores racionais concernentes, principalmente, com os aspectos da utilidade do modo e das rotas disponíveis para escolha. Da mesma forma, a metodologia para entendimento e previsão de viagens *Trip Based* no modelo de Quatro Etapas infere que as pessoas realizam uma viagem única em função dos fatores sócio demográficos das zonas de tráfego, e que o sistema tende a minimizar o tempo de viagem total (otimização pelo sistema) ou os usuários tendem a minimizar seus tempos de viagens (otimização pelo usuário) (Kitamura, 1988; Spear, 1996; McNally, 2000; Recker, 2001).

Todavia, como os princípios da Economia e da Psicologia Social começaram a ser incorporados no estudo e concepção de política pública, diversas técnicas têm aparecido na literatura sobre uma variedade de tópicos de transporte, incluindo aplicações da Teoria do Comportamento Planejado e a Teoria das Expectativas para avaliar como os indivíduos escolhem os seus modos de viagens. Essas representam caminho para expandir os sucessos de ferramentas de modelagem de demanda tradicionais através da introdução de um quadro para a compreensão de como as rotinas e heurísticas influenciam as decisões de viajar, como as normas sociais influenciam o comportamento, e como os indivíduos decidem incorporar modos ativos e sustentáveis em suas rotinas de viagem (Baird e Zhao, 2015).

Um dos pontos chave para os estudos da área de Comportamento em Transporte é esclarecer como ocorrem a escolha do modo de transporte e a tomada de decisão para viajar. Na última

década, diferentes teorias e modelos sobre a escolha e a tomada decisões foram aplicados na pesquisa em transporte, dentre elas: a Teoria da Utilidade Esperada (Bos *et al.*, 2004), a Teoria do Arrependimento (Chorus *et al.*, 2006a, b), e a Teoria das Expectativas (Tversky e Kahneman, 1979). A maioria visando que as pessoas realizam escolhas ou tomam decisão na certeza, e outras mais novas aplicando a decisão com risco ou incerteza (Timmermans, 2010). Estudos sobre a tomada de decisão em viagens em pesquisa em transporte são muito desenvolvidos e ricos. Novos avanços da ciência e tecnologia tem permitido apontar que a decisão humana não segue sempre a linha da racionalidade e a objetividade. Assim, esforços voltados para o entendimento dos aspectos subjetivos na escolha e a decisão para realizar viagens tem ganhado impulso nos últimos anos.

O presente capítulo traz uma reflexão sobre a ciência e empírica do Comportamento em Transportes. Primeiramente, pretende-se fazer uma revisão da literatura no que refere as novas fronteiras na escolha modal e a decisão de viagens. Segundo, se apresenta o tema “felicidade e satisfação no transporte”. Terceiro, discorre-se sobre o tema das percepções humana e sua aplicação em transporte. Quarto, é feita a revisão da Abordagem Orientada a Vida. E como parte final será proposta uma agenda para pesquisas futuras.

2.2 NOVAS FRONTEIRAS NA ESCOLHA E NA TOMADA DE DECISÃO EM INCERTEZA

Na pesquisa de Comportamento em Transportes, a análise e a modelagem da escolha e tomada de decisão humana tem uma longa história (Rasouli e Timmermans, 2014; McFadden, 2014). Segundo Rasouli e Timmermans (2014), a essência do estado da arte para prever a demanda futura é interpretar como as pessoas escolhem ou decidem: participar nas atividades; o tempo de saída para essas atividades; o modo de transporte; o local para essas atividades; e, o caminho para chegar ao destino escolhido. Assim, durante os últimos anos a pesquisa em Comportamento em Transporte contou com a aplicação uma variedade de teorias e modelos para representar o processo de escolha e tomada de decisão individual ou de uma família. Se no começo dos anos 70 a interação espacial e a maximização da entropia baseados na teoria física social foi a abordagem mais utilizada (Wilson, 1974; Batty, 1976; Rasouli e Timmermans, 2014), na década de 80 a Teoria da Utilidade Aleatória (McFadden, 1974) e a Teoria Psicológica da Escolha (Luce, 1959) permitiram a formulação e a aplicação de muitos modelos de escolha discreta (Hensher, 1981; Bem-Akiva e Lerman, 1985). Dentre os modelos mais avançados está o modelo multinomial logit, muito aplicado

em pesquisas e consultorias. Posteriormente, foram implementados os modelos *nested logit* e modelos generalizados de valores extremos, derivados de algumas premissas rigorosas do modelo multinomial logit. Aplicações com modelos mistos logit podem ser consultados no trabalho de Train (2003), modelo MDCV (Bhat, 2005) e modelos hierárquicos de escolha (Walker e Bem-Akiva, 2002).

Seja qual for a abordagem de modelagem e de teoria subjacente de escolha e tomada de decisão, esses modelos têm em comum o pressuposto de que os indivíduos são racionais na decisão e têm perfeito conhecimento dos atributos de suas alternativas de escolha. Esses modelos estão relacionados com a escolha e tomada de decisão em condições de certeza. No entanto, o pressuposto de que existe certeza nos valores dos atributos e que eles se mantem invariantes, não vai de acordo com a realidade (Tversky e Kahneman, 1974; Kanheman, 2003; Rasouli e Timmermans, 2014). No caso de transporte público, existe incerteza sobre a ocupação durante o dia a dia. Quando escolhem uma rota, os usuários de carro nem sempre estão seguros sobre a situação do tráfego ou a possibilidade de algum acidente acontecer, ou ter informação sobre as condições climáticas que podem gerar atrasos significativos.

O estado do sistema de transporte e o ambiente urbano são incertos (Burns, 1979; Neutens *et al.*, 2010; Rasouli e Timmermans, 2014). Assim, os indivíduos sempre enfrentam condições de incerteza quando escolhem: o tempo de partida; as atividades; os destinos; os modos de transporte; as rotas; etc. Mas, a literatura sobre modelos e teorias que analisam a tomada de decisão em condições de incerteza são relativamente escassos em Comportamento em Transporte. Considerando a incerteza inerente ao estado do sistema de transporte, a formulação e aplicação de modelos de tomada de decisão em condições de incerteza deve ser um campo de pesquisa de alta prioridade na pesquisa do comportamento em transporte. Dentre as teorias mais utilizadas nos poucos trabalhos encontrados o assunto, estão: a Teoria da Utilidade Esperada (*Expected Utility Theory*); a Teoria das Expectativas (*Prospect Theory*), e a Teoria do Arrependimento (*Regret Theory*).

2.2.1 A Teoria da Utilidade Esperada

A Teoria da Utilidade Esperada foi iniciada pela pesquisa de Bernoulli em 1783 para tratar o famoso problema do paradoxo de St. Petersburg (Rasouli e Timmermans, 2014). Esse paradoxo trata do problema de quanto um único apostador deve pagar a um cassino para entrar em um jogo em que ele iria atirar uma moeda honesta, duplicar um ganho inicial uma unidade cada vez que uma cara aparece, e finalizar o jogo quando aparece pela primeira vez

uma coroa. Assim, o jogador poderá ganhar 2^{k-1} unidades se a moeda for atirada k vezes antes do jogo finalizar. O lucro esperado dessa aposta é igual a $E = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2} = \infty$.

Portanto, o lucro esperado pelo apostador poderá ser um valor infinito de dinheiro, implicando que o apostador deverá jogar a aposta a qualquer preço. Todavia, poucas pessoas considerariam pagar qualquer preço, dando origem a um paradoxo: a discrepância entre o que as pessoas parecem dispostas a pagar para jogar o jogo e o infinito valor esperado. Esse problema levou a muitos trabalhos de pesquisa na tomada de decisão sobre incerteza (Tversky e Kahneman, 1974; Kanheman, 2003; Rasouli e Timmermans, 2014).

A Teoria da Utilidade Esperada moderna baseia-se no trabalho de Neumann e Morgenstern (1974), no qual eles estabeleceram um conjunto de axiomas (completude, transitividade e continuidade) como o fundamento para aplicar essa teoria. O modelo do valor esperado é a mais básica versão da Teoria da Utilidade Esperada. Esse modelo assume que a avaliação global da utilidade u_i^n da expectativa s^n de um tomador de decisão i , dado p^n pode ser derivado tomando a expectativa da saída das avaliações $x_{ij}^n \forall j$ sobre a distribuição de probabilidade p^n . Como se apresenta na Equação 1:

$$u_i^n = \sum_{j=1}^J p_{ij}^n x_{ij}^n \quad (1)$$

Assumindo uma regra de decisão, a utilidade esperada pode ser associada à escolha. O Modelo da Utilidade Esperada assume que um indivíduo i pode escolher alternativas de risco de um conjunto de alternativas C se:

$$u_i^n > u_i^{n'} \forall s^{n'} \neq s^n \in C \quad (2)$$

Dentro das aplicações em transporte, está o trabalho de Polak *et al.* (2008), que pesquisaram a influência da variabilidade do tempo na escolha do modo e horário de saída. Um grupo de 215 viajantes dos corredores *London-Birmingham* e *London-Reading* foram entrevistados. Esses preencheram um formulário com oito cenários sobre sua viagem, que foi variada em termos de incerteza no tempo de chegada ao destino em função da variabilidade do tempo de viagem. Os resultados apresentaram dez equiprováveis demoras positivas e negativas

referentes ao tempo de chegada preferido. O intervalo de variação foi fixado no tempo de viagem com referência à duração da viagem revelada e a flexibilidade no tempo de chegada ao destino revelado pelos entrevistados. O desempenho do modelo do valor esperado foi comparado a uma constante absoluta do modelo de aversão ao risco, incluso permitindo a heterogeneidade dos participantes. As contribuições dessa pesquisa indicaram que o modelo de aversão ao risco supera aos modelos baseados no valor esperado, trazendo a sugestão de que a atitude ao risco desempenha um papel importante na escolha do horário de saída. Embora, para este estudo os viajantes, em média, apresentaram uma atitude de ser ligeiramente avessos ao risco, os resultados evidenciaram um grau substancial de heterogeneidade na aversão ao risco.

Outro trabalho interessante é o desenvolvido por De Palma *et al.* (2007, 2012). Neste trabalho, foram analisadas as decisões dos motoristas quanto a obter informações e qual a rota escolher em uma rede de transporte simples congestionada. Eles consideraram quatro tipos de informação: não informação; informação de graça; informação disponível paga; e, informação privada, disponível para um só indivíduo. A partir dos resultados, os autores observaram que a informação privada é individualmente muito valiosa, enquanto os benefícios de uma informação de graça ou paga não podem ser classificadas em geral. Além disso, constaram que a informação de graça ou paga pode diminuir a utilidade esperada de motoristas suficientemente avessos ao risco.

A Teoria da Utilidade Esperada recebeu questionamentos quanto a sua validade, e avaliada como teoria descritiva do comportamento humano da escolha. Os pesquisadores Kahneman e Tversky (1979) propuseram uma teoria alternativa de tomada de decisão ou escolha sobre risco para explicar as violações às normas da Teoria da Utilidade Esperada, como o paradoxo de Allais e os resultados empíricos onde as pessoas tendem a ser avessos ao risco sobre altas probabilidades de ganhar, mas também pode agir procurando maior risco quando existe maior probabilidade de perdas com magnitudes de perdas maiores que os ganhos. A teoria proposta posteriormente foi denominada em língua inglesa como “*Prospect Theory*”, traduzida em língua portuguesa pode se entender como “A Teoria das Expectativas”.

2.2.2 A Teoria das Expectativas

A formulação original da Teoria das Expectativas apresentava duas etapas para o processo de tomada de decisão ou escolha. Na primeira etapa chamada de “etapa de edição” várias regras de decisão são usadas para enquadrar resultados possíveis em termos de ganhos e

perdas, relativas a alguns pontos de referência neutrais. Ganhos são descrito como resultados que excedem esse ponto de referência, e perdas é identificado como os resultados que ficam embaixo. Na segunda etapa – etapa de avaliação – o tomador de decisão avalia os resultados de cada alternativa de acordo a uma função de valores, e transforma as probabilidades objetivas em probabilidades subjetivas, de acordo a uma função não linear de ponderação de probabilidade. Para atingir as violações da clássica Teoria da Utilidade Esperada, a função de utilidade deve ser côncava sobre os ganhos e convexa sobre as perdas. Resultados empíricos sobre o comportamento de viajantes procura de risco versus evasão do risco requer a desutilidade de uma perda ser valorada mais do que a utilidade de um ganho equivalente.

Se definirmos τ como um ponto de referência no domínio de resultados. A Teoria das Expectativas estabelece que a utilidade da expectativa n é definida como:

$$u_i^n = \sum_{j=1}^j \pi(p_j^n) v_{ij}^n(x_j^n - \tau) \quad (3)$$

A alternativa de escolha com risco s^n é preferida a $s^{n'}$ se:

$$u_i^n > u_i^{n'} \forall s^{n'} \neq s^n \in C \quad (4)$$

Tversky e Kahneman (1992) sugerem a seguinte forma funcional para a função de valor:

$$v_{ij}^n(x_j^n - \tau) = \begin{cases} (x_j^n - \tau)^\alpha \text{ if } (x_j^n - \tau) \geq 0 \\ \lambda |x_j^n - \tau|^\beta \text{ if } (x_j^n - \tau) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

O parâmetro $\lambda > 1$ captura o grau de perda de aversão, e os parâmetros $\alpha, \beta < 1$ mensuram o grau de redução de sensibilidade da mudança para qualquer das direções desde o ponto de referência. A função de ponderação de probabilidade π é uma função monotônica crescente, com descontinuidades em 0 e 1, de tal forma que suplanta sistematicamente pequenas probabilidades e sub pondera grandes probabilidades.

Posteriormente, Tversky e Kahneman (1992) estenderam a teoria das expectativas incluindo probabilidades dependentes do ranking, permitindo para diferentes ponderações de probabilidade de ganhos e perdas (Palma *et al.*, 2008; Rasouli e Timmermans, 2014). Assim, as ponderações de decisão nesta Teoria das Expectativas cumulativa são iguais a:

$$\begin{aligned} \pi(p_j^n) &= w(p_j^n + p_{j+1}^n \dots p_j^n) - w(p_{j+1}^n + p_{j+2}^n \dots p_j^n) \\ j &= 1, \dots, J-1; e; \pi(p_j^n) = w(p_j^n) \end{aligned} \quad (6)$$

Dentre as aplicações da Teoria das Expectativas na área de transporte, existem pesquisas iniciadas no ano 2000 que exploram a adoção dessa teoria para prever o comportamento do viajante sobre incerteza (Rasouli e Timmermans, 2014). Grande parte dessas aplicações focam no comportamento da escolha do horário de saída e da rota de viagem sobre condições de incerteza. Jou e Kitamura (2002), em uma aplicação da Teoria das Expectativas, assumiram dois pontos de referência: o tempo de chegada mais cedo aceitável, e um tempo oficial de início do trabalho. Os ganhos e as perdas foram definidos como funções não lineares ao redor desses dois pontos de referência, resultando em quatro funções segmentadas de valor no tempo de chegada mais cedo, e o tempo de início do trabalho para um viajante. Não foram apresentados resultados empíricos. Posteriormente, Senbil e Kitamura (2004) adicionaram um tempo de chegada preferido. Já Senbil e Kitamura (2006) incorporaram uma variabilidade do tempo de viagem para chegada antecipada/atrasada diretamente na função de utilidade.

Schwanen e Ettema (2007) examinaram a aplicabilidade da Teoria das Expectativas Acumuladas em um problema da pesquisa consistia em pegar a criança da creche. Três pontos de referência foram utilizados: i) o tempo que a maioria dos outros pais gastam para pegar seus filhos; ii) o tempo imposto pela administração da creche para que as crianças possam ser recolhidas; e, iii) o tempo em que a creche oficialmente fecha. Na escolha das tarefas, foram apresentados dois possíveis tempos de chegada, arredondados a 5 minutos como máximo. Probabilidades foram utilizadas como pode acontecer na realidade e/ou arredondadas a 5% ou 10% e apresentadas em termos de números (1 de x casos) e porcentagens. Os resultados indicaram primeiramente que existia uma aversão a perda de pequena magnitude. Também foram encontradas evidências sobre ponderação de pequenas probabilidades e de sub ponderação de grandes probabilidades, mas o efeito foi relativamente pequeno. O modelo baseado na Teoria de Expectativas Acumulada teve um melhor ajuste aos dados do que o modelo baseado na Teoria da Utilidade Esperada.

Xu *et al.* (2011 a, b) discutiram que o orçamento de tempo que assegura a um viajante chegar a um destino com algumas probabilidades desejadas serve como o ponto de referência. Este tempo depende do propósito da viagem e da atitude de risco da pessoa. Uma probabilidade desejada pequena implica que a viagem não é importante, ou que a pessoa tem uma tendência

a procurar o risco. O tempo orçado reflete as crenças subjetivas nos tempos de viagem baseados em suas preferências, e podem potencialmente servir como pontos de referência (Rasouli e Timmermans, 2014). A maior contribuição deste trabalho foi a elaboração de um modelo de equilíbrio do usuário baseado nas suas expectativas, onde os pontos de referência são consistentes com o equilíbrio dos padrões de fluxos. Considerando que através de experiências passadas os viajantes desenvolvem um tempo de referência para cada par de Origem-Destino (O-D) o qual é a função do tempo orçado para cada caminho. Em particular, é entendido que o ponto de tempo de referência é o mínimo de todos os tempos orçados de todos os caminhos.

Connors e Sumalee (2009) também estudaram sobre o equilíbrio nas redes de transporte para diferentes valores da Teoria das Expectativas de arcos de risco numa rede hipotética. Baseado em valores assumido de parâmetros importantes da Teoria das Expectativas, os resultados apresentaram que uma mudança nos valores do ponto de referência tem um significativo impacto no equilíbrio alcançado na rede.

Outro grupo de trabalhos foram focados no comportamento da escolha da rota. Katsikopulus *et al.* (2000, 2002) apresentaram um suporte para a aplicabilidade da Teoria das Expectativas no comportamento da escolha da rota. Participantes em um simulador de direção receberam informações descritivas sobre intervalos de tempo de viagem de duas rotas, e tinham que escolher uma rota em diferentes cenários de tráfego. Os resultados indicaram que se os tempos de viagem na rota alternativa eram em média menores do que aqueles na rota de referência, os participantes apresentavam uma aversão ao risco em seu comportamento. No caso das perdas, o comportamento de procurar risco é observado quando a rota alternativa é relativamente mais arriscada que a referência.

Avineri e Prashker (2004, 2005, 2006) entrevistaram pessoas que deveriam escolher entre diferentes rotas, caracterizadas por diferentes probabilidades de tempos de viagem. Os resultados apresentaram uma evidencia de pesos de decisão e aversão a perda não lineares.

Masiero e Hensher (2011) pesquisaram os efeitos da mudança negativa do ponto de referência. Eles utilizaram um quadro experimental de escolha declarada para estimar os custos indiretos de transporte de carga associados ao fechamento temporário da principal rodovia na Suíça. Três pares de modelos foram estimados: o primeiro par de modelos foi baseado no pressuposto de simetria; o segundo, numa referência de dependência, estimando

diferentes parâmetros para perdas e ganhos; e, o último foi baseado em assimetrias não lineares em perdas e ganhos. Os resultados deram suporte ao pressuposto de mudança na estrutura da preferência, a causa da mudança no ponto de referência. Na média, foram observadas nos entrevistados evidências de incremento na aversão as perdas para os atributos de custo e tempo, e uma diminuição na aversão a perda para pontualidade.

A literatura de Comportamento em Transporte apresenta alguns exemplos de aplicação de modelos da Teoria das Expectativas acumuladas. Contudo, como apresenta a discussão de Li e Hensher (2011) e de Rasouli e Timmermans (2014), a maioria dos estudos realizados tem sido limitados em alcance e abordagem. Isso pode ser devido a: i) eles só incluíram aspectos particulares da Teoria das Expectativas, ii) eles não estimaram todos os parâmetros de uma forma consistente; iii) e/ou não trataram o tema dos pontos de referência na melhor forma possível. Comparado com os estudos de modelos de utilidade aleatória, a maioria dos estudos são relativamente fracos considerando as questões de valorização estocástica, escolha probabilística e heterogeneidade.

2.2.3 A Teoria do Arrependimento

A Teoria do Arrependimento foi formulada por David (1982), Fishburn (1982), e Loomes e Sugden (1982, 1987) originalmente foi um modelo de escolha por pares entre loterias (Machina, 1987). Ela se foca no problema de conhecer qual de duas alternativas de escolha com risco, caracterizadas por um conjunto de estados que possam acontecer com alguma probabilidade e ter um retorno (monetário), seriam escolhidas. Diferente da Teoria da Utilidade Esperada e a Teoria das Expectativas, a Teoria do Arrependimento assume que as pessoas consideram a possibilidade de que as alternativas não escolhidas resultam em obter um retorno maior do que as alternativas escolhidas.

A Teoria do Arrependimento incorpora a ideia de que as utilidades das pessoas derivam dos resultados de suas decisões, influenciadas pela sua percepção do que poderia ter acontecido se eles fizeram escolhas diferentes. As pessoas sentem um arrependimento quando eles experimentam que poderiam estar melhor se tivessem escolhido a outra alternativa, e alegria quando eles experimentam de que eles estão melhor. Em algumas situações, essas emoções são respostas a uma avaliação posterior das escolhas realizadas, relativa a alternativas perdidas (Rasouli e Timmermans, 2014). Em outros contextos, o arrependimento é baseado a uma antecipação subjetiva. As pessoas são assumidas a trocar a utilidade puramente derivada dos atributos das alternativas de escolha diante seu desejo de desviar-se e minimizar

o futuro arrependimento (e maximizar a futura alegria). Aprofundando mais no conceito, as pessoas são assumidas a antecipar para cada estado possível das alternativas de escolha o arrependimento associado, definido como uma extensão com a qual a alternativa escolhida desempenha-se pior do que a não escolhida. E depois esses arrependimentos são agregados através de todos os possíveis estados do conjunto. Assim, a Teoria do Arrependimento assume que a alternativa s^n será escolhida a alternativa $s^{n'} | s^n, s^{n'} \in C$ se:

$$\sum_{j=1}^J [p_j^n R_{s^n s^{n'}}(S_j^n)] > 0 \quad (7)$$

Com

$$R_{s^n s^{n'}}(s_j^n) = -R_{s^{n'} s^n}(s_j^{n'}) \quad (8)$$

Onde: R é o arrependimento.

Nota-se que o ponto de referência da Teoria do Arrependimento depende na composição do conjunto de escolhas e a distribuição dos valores dos atributos através das alternativas de escolha, e não só em algum ponto de referência arbitrário (dependente do contexto). Isso exclui qualquer mecanismo de escolha baseado em níveis de aspiração, que não são atualmente atingidos (Rasouli e Timmermans, 2014).

Dentro das aplicações na área de Comportamento em Transportes, pode-se mencionar o trabalho de Chorus *et al.* (2008b). Os autores exploraram a aplicabilidade da Teoria do Arrependimento para escolha do modo de viagem, sobre as condições de certeza e de incerteza. Essa aplicação precisou de uma generalização do modelo básico de escolha por pares a uma escolha entre múltiplas alternativas de escolha, e desde um único atributo a vários atributos. Para realizar essa generalização, Chorus *et al.* (2008b), postularam que as alternativas de escolha são valoradas em termos do arrependimento associado numa estrutura atributo por atributo. Especificando melhor, o arrependimento associado com a alternativa de escolha s^n , baseado numa comparação de um atributo em particular com a alternativa $s^{n'}$ é igual a zero se s^n é valorado igual ou melhora do que $s^{n'}$ nesse atributo em particular, e uma função não decrescente da diferença de valores de atributos (Rasouli e Timmermans, 2014). Embora o modelo de regressão linear tenha uma formulação robusta, não é suficiente para capturar a magnitude do arrependimento e sua relação com a diferença dos atributos. Assim, os autores adicionaram um parâmetro para capturar a não linearidade no

arrependimento. Eles adicionaram esse parâmetro a função de arrependimento. Essa discussão da Teoria do Arrependimento foi mais focada na tomada de decisão sobre condições de certeza. Para uma tomada de decisão em condições de incerteza é necessário adicionar outros pressupostos sobre as crenças que o tomador de decisão pode ter acerca da ocorrência de um valor particular (ou classe discreta) dos atributos de cada alternativa de escolha. O pressuposto mais geral poderia permitir covariâncias dentro e entre as alternativas de escolha (Rasouli e Timmermans, 2014).

As pessoas são assumidas a escolher a alternativa de risco com o arrependimento mínimo. Desenvolvimento em modelos de escolha discreta podem ser utilizados para derivar um modelo de escolha probabilística. Um exemplo desenvolvido por Rasouli e Timmermans (2014), que consideram que a minimização do arrependimento é equivalente a maximizar o menor arrependimento, foi aplicando um modelo misto logit:

$$\Pr(s^n \in C) = \int_{\eta_i, \delta_i} \left(\frac{\exp(-R_{i,s^n}(\eta_i))}{\sum_{s^{n'} \in C} \exp(-R_{i,s^{n'}}(\eta_i))} \right) f(\eta_i, \delta_i) d(\eta_i, \delta_i) \quad (9)$$

Onde: δ_i é o termo de erro específico da pessoa, e η_i captura a variação. Recentemente, Chorus *et al.* (2013) sugeriram a aplicação de modelos híbridos. Hess *et al.* (2012) estudaram os modelos mistos, permitindo ao comportamento de escolha de algumas pessoas refletir uma minimização do arrependimento, e de outras refletir uma maximização da utilidade, incluindo também explorar a heterogeneidade.

O trabalho de Chorus *et al.* (2008a) comparou o desempenho de modelos da Teoria do Arrependimento contra modelo de maximização da utilidade no contexto de escolha sem risco de modos de transporte e coleta de informações. 252 pessoas foram entrevistadas e expressaram sua escolha entre 31 pares de carro e trem, variando o propósito da viagem (negócios, lazer, trabalho, social), tempo de viagem, custo, tempo de espera e disponibilidade de cadeira. Os resultados estimados indicaram que o modelo baseado no arrependimento teve um melhor desempenho que o modelo de utilidade aleatória.

Ramos *et al.* (2011) utilizaram um simulador de viagem para pesquisar as preferencias da rota. Os entrevistados tinham que fazer 40 escolhas consecutivas entre três rotas,

considerando a hipótese de encontrar com um amigo ou uma entrevista de trabalho durante a viagem de manhã. As rotas foram descritas da seguinte forma: i) rota 1: rota mais rápida, formada principalmente de rodovias; ii) rota 2: mais confiável, formada principalmente de caminhos; e, iii) rota 3: com desempenho médio, formada por uma mistura de rodovias e vias urbanas, ingressando no centro da cidade. Adicionalmente, o fornecimento de informação foi variando de acordo a três condições: i) nenhuma informação fornecida; ii) fornecimento de tempo de viagem em minutos; e, iii) fornecimento de comprimento de fila em quilômetros. Utilizando esses dados, os autores compararam o desempenho dos modelos da Teoria da Utilidade Esperada, da Teoria das Expectativas e da Teoria do Arrependimento. Os resultados apontaram que a habilidade de previsão desses modelos variava em função do tipo de informação fornecida. A Teoria da Utilidade Esperada e a Teoria do Arrependimento tiveram melhor desempenho do que a Teoria das Expectativas Acumuladas, quando nenhuma informação foi fornecida. E a Teoria das Expectativas Acumuladas teve melhor desempenho quando informações foram fornecidas.

Uma última aplicação que compara os modelos de maximização da utilidade e de minimização do arrependimento para escolha do veículo foi de Beck *et al.* (2013). Os resultados demonstraram que a minimização do arrependimento é um mecanismo comportamental mais preferido para grupos e pessoas dentro de grupos que apresentam um grau de responsabilidade pela escolha do grupo.

2.3 SATISFAÇÃO E FELICIDADE NA ESCOLHA DO MODO DE TRANSPORTE

A pessoa está na base da análise econômica, cujo comportamento e bem-estar motivaram uma grande parte de questionamentos, abrangendo a análise de demanda, incentivando a teoria e o desenho de mecanismos, a avaliação de projetos, e a introdução e marketing dos bens e serviços públicos e privados (McFadden, 2014). A compreensão e a modelagem do bem-estar das pessoas sempre foram o foco da economia e da ciência do transporte. Continua, também, a tensão entre elementos de ilusão, temperamento, e subjetividade no comportamento da pessoa, e a necessidade de estabelecer indicadores de previsão para a escolha e o bem-estar. Embora o modelo neoclássico (Figura 2.1) de modelo de maximização da utilidade que forma a base da maioria das análises econômicas, é em grande parte um tema finalizado. Novos estudos sobre o comportamento do consumidor, do comportamento em transporte e novas mensurações desafiam este modelo (McFadden, 2014). Essas

contribuições sugerem novas direções para o desenvolvimento contínuo da Teoria da Escolha.

McFadden traz o questionamento de novas fronteiras no estudo da escolha, apresentado um modelo comportamental de escolha (Figura 2.2), o qual se diferencia do modelo neoclássico, principalmente trazendo os efeitos de afeto (emoção) e motivação como fatores na escolha, relaxando o rígido requerimento de que as preferências são soberanas e reinam sobre os sentimentos (comportamento racional), permitindo ter relações de retroalimentação entre os fatores.

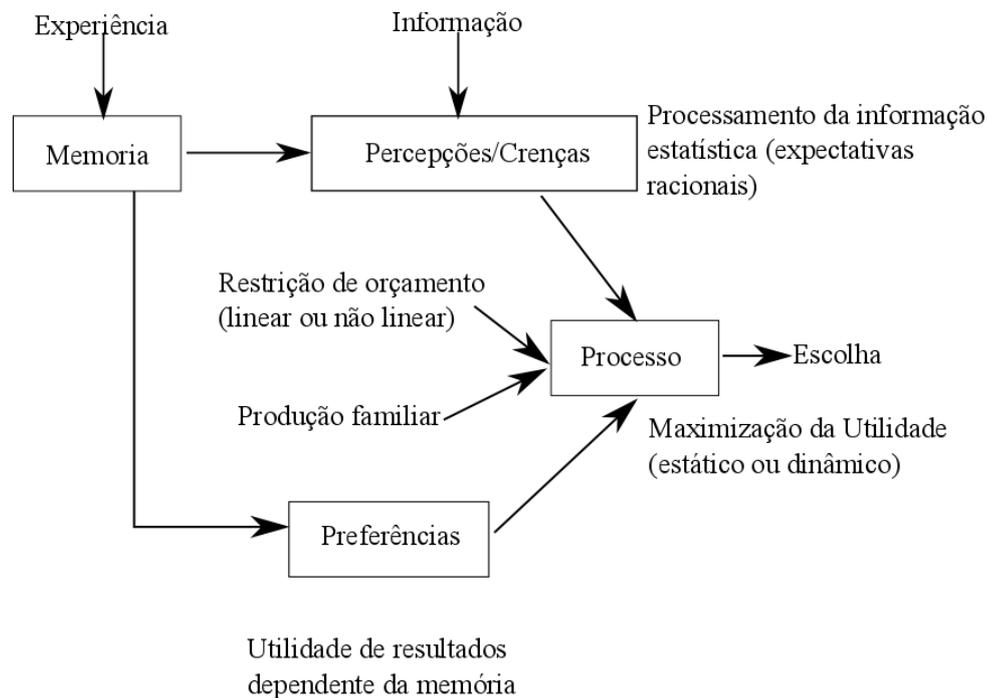


Figura 2.1 Modelo neoclássico estendido. Fonte: adaptado de McFadden (2014)

O modelo neoclássico levou os economistas a pensar sobre esses elementos como decorrentes dos limites da memória e a capacidade cognitiva que limitam a racionalidade, lapsos ou anomalias que a pessoa pode detectar e corrigir se eles se tornam muito óbvios. Para muitos psicólogos e biólogos, esses fatores são um produto da evolução, o resultado de uma dura correspondência entre um interesse pessoal generalizado e a sobrevivência, processos, estratégias que imitam a racionalidade em condições onde a racionalidade incrementa o valor da sobrevivência (McFadden, 2014). Dia a dia as escolhas econômicas são explicadas por qualquer paradigma, mas a percepção e a escolha em situações novas testam as premissas do modelo neoclássico, e desafiam a as transições fáceis entre a análise convencional da demanda e o efeito de novas políticas econômicas no bem-estar das pessoas.

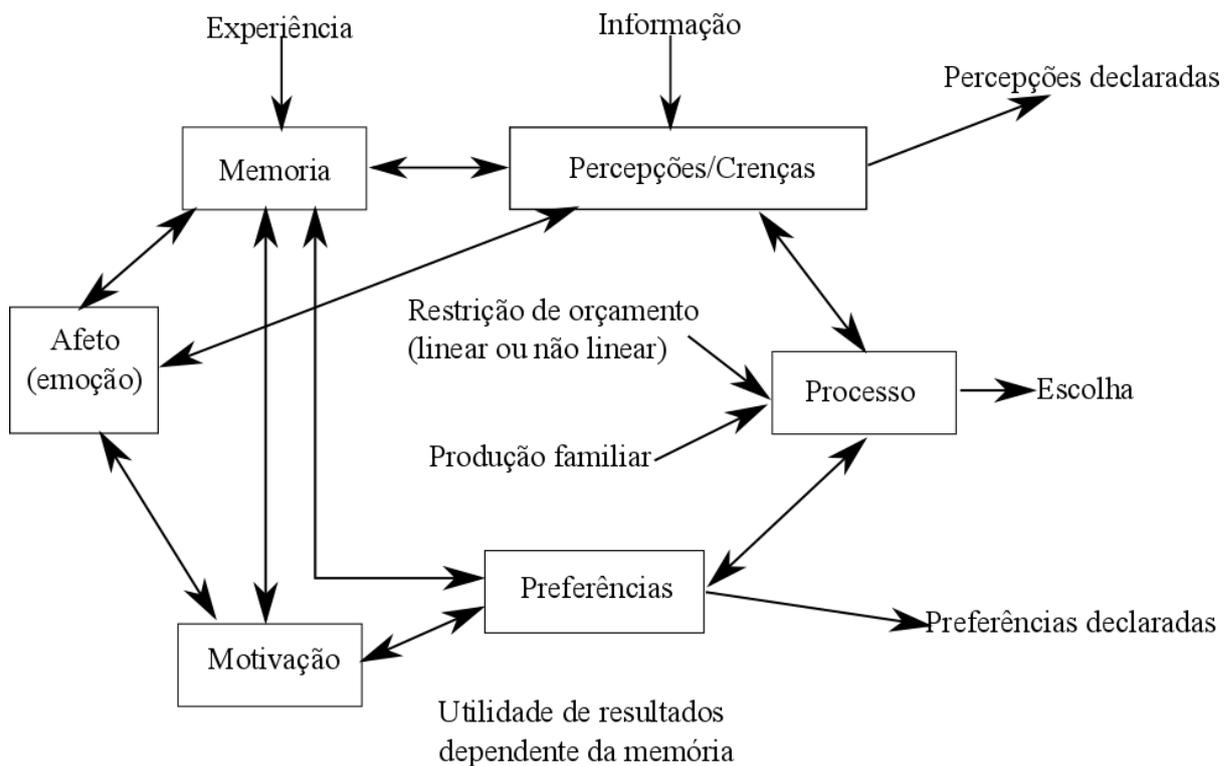


Figura 2.2 O modelo comportamental da escolha. Fonte: adaptado de McFadden (2014)

O estudo da escolha das pessoas na área de transporte também vem apresentando novas direções enquanto a esses fatores afetivos ou motivacionais, como ser a felicidade, e sua influência na escolha do modo de transporte ou da rota.

Para Morris e Guerra (2014), utilidade, satisfação da vida e afeto estão inter-relacionados, mas não são idênticos. O afeto durante uma viagem é um fator que contribui para toda sua utilidade, enquanto o impacto dessa viagem nos sentimentos é um aspecto dos benefícios ou custos dessa viagem. Mas ao mesmo tempo a utilidade também é uma função de muitos outros fatores. Assim, fatores como a felicidade nem sempre apresentaram uma covariância com a utilidade. Viagem longa ao trabalho fazem com que as pessoas fiquem tristes ou chateadas, mas a utilidade de morar longe da família, mas num melhor bairro pode ser maior. Um passageiro de ônibus pode ser mais feliz viajando de carro, mas devido a suas restrições econômicas ele tem que pegar ônibus.

Recentemente, a literatura de transporte tem apresentado trabalhos que analisam a influência da escolha do modo e outros aspectos de comportamento em transporte na felicidade e o bem-estar. De Vos *et al.* (2013) trazem uma revisão dos trabalhos recentes, mas como é

destacado pelos autores, os estudos são ainda recém iniciados e por isso apresentam muitos vazios substanciais a serem pesquisados.

Especificamente sobre a felicidade, um grupo pequeno de pesquisa tem trabalhado sobre o acesso a recursos de transporte (como posse de carro e proximidade com serviços de transporte público), é relacionado a satisfação da vida e saúde mental (Ballas e Tranmer, 2012; Bergstad *et al.*, 2011; Brereton *et al.* 2008; Ellaway *et al.* 2003; Macintyre *et al.* 2001; Macintyre *et al.* 1998; Morris, 2013).

Outro grupo de pesquisa que tem uma relevância direta produz trabalhos relacionados a satisfação e com o afeto durante a viagem. Segundo Mokhtarian e Salomon (2001), muitos autores afirmaram que a própria viagem é agradável devido aos sentimentos que ela gera, como autonomia, condição social, aventura, controle, apreciação da estética da paisagem, satisfação da curiosidade, liberdade do estresse do trabalho e da casa, e o gozo das atividades realizadas durante a viagem como escutar música, falar por telefone ou ler (Ettema *et al.* 2012; Ory e Mokhtarian, 2005; Salomon, 1985). Hupkes (1982) gerou o debate de que as percepções da viagem podem ser ambas positivas ou negativas dependendo da duração da viagem.

A pesquisa de Mokhtarian e Salomon (2001) aprofundou empiricamente em questões específicas sobre a viagem, o modo de viagem e o afeto. Os resultados demonstraram que existem muitos tipos de não direcionamentos, viagens não utilitárias, desde atividades de lazer de corrida, caminhada e ciclismo, até visita a parques de diversões. Para estes casos, a diversão da viagem e os seus benefícios como a atividade física são seus principais atrativos.

Hiscock *et al.* (2002) realizaram uma pesquisa sobre o modo de transporte e o afeto. Os resultados apontaram que os donos de veículos têm uma satisfação psicossocial maior ao viajar do que os dependentes de transporte público. Nesse caso, influenciavam nessa satisfação os sentimentos de proteção, autonomia, prestígio, conveniência, confiabilidade e a habilidade dos motoristas de projetar qualidades positivas sobre suas habilidades na direção.

Mann e Abraham (2006) observaram que o afeto baseado na viagem era geralmente maior para usuários de veículo privado do que para usuários de transporte público coletivo. Nesse caso, foram destacados aspectos como a falta de filas, o controle climático, o conforto, o rádio pessoal, e o prazer de dirigir o veículo.

Ory *et al.* (2004) destacaram que os usuários de ônibus são significativamente menos propensos a gostar de suas viagens ao trabalho. Stradling *et al.* (2007a, b) encontraram muitas atitudes negativas que desestimularam o uso do ônibus, incluindo aspectos relacionados à segurança, falta de controle, custo, desconforto e aglomeração. Outros autores também chegaram a resultados similares sobre a superioridade afetiva do carro privado, e a baixa afetividade associada ao uso de transporte público (Jensen, 1999; Ellaway *et al.* 2003; Tertoolen *et al.* 1998; Ettema *et al.* 2011). Duarte *et al.* (2010) apresentaram resultados onde as pessoas a pé e os ciclistas eram mais felizes do que aqueles que viajavam em veículos motorizados, talvez devido aos benefícios de realizar atividade física.

A maioria dos trabalhos sobre viagem e felicidade tem focado na viagem ao trabalho com conclusões mistas. Alguns pesquisadores constataram que a viagem ao trabalho era a maior fonte de infelicidade. Para Choi *et al.* (2012), Stutzer e Frey (2008), e Morris (2013) os trabalhadores com as viagens mais longas reclamaram de baixa satisfação da vida. Redmond e Mokhtarian (2001) e Ory *et al.* (2004) afirmaram que as pessoas preferem viagens ao trabalho modestas ao invés de viagens longas ou muito curtas.

Olsson *et al.* (2013) apontaram que as pessoas da Suécia são relativamente felizes quando viajam ao trabalho, e que essas atitudes sobre a viagem ao trabalho contribuem para a satisfação de viver. Morris e Guerra (2014) observaram que, ao contrário da percepção comum de que a viagem seja uma demanda derivada onerosa, o humor (afeto) é geralmente não pior durante a viagem do que a média. Comparado com outras influências, a viagem só tem um pequeno impacto total na forma como as pessoas nos sentimos. A relação estimada entre o humor (afeto) e o modo de viagem tende a ser fraca e sem significância estatística. Mesmo assim, os resultados também apresentaram que os ciclistas têm o maior afeto positivo. Se por um lado os passageiros de veículos privados, e os motoristas são os mais felizes; por outro lado, os usuários de transporte público por ônibus e de trem experimentaram as emoções mais negativas.

Portanto, os estudos realizados não chegam a um consenso se as viagens em geral contribuem para sentimentos positivos ou negativos. Mas, concordam que caminhadas, ciclismo e viagens de carro são associados ao melhor humor do que as viagens de transporte público.

2.4 ABORDAGEM ORIENTADA A VIDA

Uma área de pesquisa em transporte que está surgindo é a Abordagem Orientada a Vida (*Life Oriented Approach*). Esta área se foca no desenvolvimento da demanda de transporte em relação ao estágio de ciclo de vida das pessoas. Para um grupo de pesquisadores, esse processo é referenciado como Biografias da Mobilidade e para outro grupo é denominado como a Abordagem Orientada a Vida (Scheiner, 2007; Xiong e Zhang, 2014). A hipótese proposta para esta abordagem é que a demanda por viagem de uma pessoa é relativamente estável no médio prazo, mas passível de mudanças significativas no contexto de alguns eventos chave no estágio do ciclo de vida. Esses eventos chave incluem a mudança do local de residência, mudança do local de trabalho e o nascimento de uma criança, dentre outros. A aplicação de uma abordagem biográfica para um entendimento profundo da mobilidade espacial tem sido desenvolvida exclusivamente para a pesquisa sobre migrações. Contudo, mais recentemente a importância da aplicação dessa abordagem para o estudo da demanda de transporte tem sido fortalecida. Lazendorf (2003) foi dos primeiros trabalhos a trazer uma perspectiva abrangente sobre a teoria das biografias e sua interação na mobilidade das pessoas. Esta teoria destaca, principalmente, aspectos das estruturas e processo biográficos como determinantes da mobilidade das pessoas (Scheiner, 2007).

A maioria dos estudos tem se concentrado em aspectos particulares da biografia da mobilidade, exemplo as mudanças no comportamento em transporte e a motorização depois de uma mudança de residência ou outro importante evento no estágio do ciclo da vida (Van Der Waerden *et al.* 2003; Krizek, 2003; Stanbridge *et al.* 2004; Dargay e Hanly, 2004; Handy *et al.* 2005; Prillwitz e Lazendorf, 2006; Scheiner, 2006b). No geral as interdependências entre decisões de viagem de curto prazo e processos biográficos de longo prazo são interpretadas e explicadas na modelagem tradicional, em função de indicadores agregados demográficos ou econômicos.

Outro grupo de estudos voltados a Abordagem Orientada a Vida focam no entendimento da qualidade de vida das pessoas e exploraram as interdependências entre o comportamento residencial, comportamento em transporte e o comportamento cotidiano (escolhas) considerando oito domínios da vida (residência, orçamento familiar, saúde, educação e aprendizado, vizinhança, trabalho, vida familiar, lazer e diversão). A Abordagem Orientada a Vida traz o debate de que as decisões das pessoas nos domínios da vida não são

independentes entre si, e que um entendimento das escolhas da vida não deve estar restrito pelos limites de uma só disciplina (Zhang, 2014).

Uma questão importante é que na ciência do transporte existem abordagens similares como Estágio do Ciclo de Vida, a Abordagem da Trajetória Da Vida, e Abordagem do Estilo de Vida. A Abordagem do Estágio de Ciclo de Vida descreve a sequência desde o nascimento até a morte das etapas da vida de uma pessoa ou família. (Zimmerman, 1982). Fried *et al.* (1977) realizaram as primeiras análises para identificar o estado do estágio do ciclo de vida como o principal determinante da trajetória das adaptações do comportamento em transporte, considerando grandes mudanças nos locais de residência ou de trabalho. O estudo recente de Vij *et al.* (2013) apresentou que as preferências latentes por modos estão fortemente correlacionadas com as características do estágio do ciclo de vida.

Aplicações da Abordagem da Trajetória da Vida estão baseadas na ideia de que os comportamentos em transporte das pessoas podem ser explicados pela continuidade sobre o tempo de vida e por eventos específicos na vida (Lazendorf, 2003). Van der Warden *et al.* (2003) pesquisou a influência de eventos chaves na vida e sua influência na mudança da escolha do modo de transporte. Oakil (2013) examinou a dependência temporal nas trajetórias da vida e nas decisões de mobilidade, focando-se no modo escolhido para viajar ao trabalho. Os autores Scheiner e Holz-Rau (2013) forneceram uma excelente revisão da literatura neste contexto.

Salomon e Bem-Akiva (1983) aplicaram o conceito de estilo de vida para classificar compradores de shopping, os quais escolhem o modo e o destino baseados em seus papéis como membro da família, um trabalhador, e um consumidor de lazer. Chliaotakis *et al.* (2005) identificou os maiores fatores do estilo de vida baseado na frequência de participação em atividades. Walker e Li (2007) identificaram três grupos de estilo de vida: moradores suburbanos, moradores urbanos, e usuários de transporte público. Embora a abordagem de estilo de vida reconhece as interdependências entre as escolhas de vida, as variáveis de estilo de vida foram tratadas como fatores exógenos na explicação do comportamento residencial e de transporte.

Zhang (2010, 2012), Zhang *et al.* (2011, 2012b) propuseram a Abordagem Orientada a Vida para atingir a decisão global da escolha da vida. Diferentes escolhas da vida são usualmente decididas sobre diferentes escalas de tempo sobre a influência de tempo limitado e restrições econômicas como também as várias necessidades das famílias e seus membros. Como resultado, mudanças em uma das escolhas da vida pode influenciar outras escolhas.

Um dos aspectos mais difíceis para realizar este tipo de estudos é a falta de dados em painel ou dados retrospectivos a um nível de cada pessoa. O levantamento desse tipo de dados requer altos custos, tempo e esforço. Alguns autores como Zhang *et al.* (2011) tem utilizado uma pesquisa *cross section* e posteriormente desenvolveu uma pesquisa baseada na *web* para coletar os dados históricos da vida das pessoas (Zhang *et al.* 2013). Para Lazendorf (2003) o melhor método para coletar esses dados é realizar uma pesquisa retrospectiva. Mas esse tipo de pesquisas pode correr o risco da fraqueza na memória das pessoas para definir os eventos ou as datas do acontecimento desses eventos.

2.5 AS IMPLICAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DA GEOGRAFIA DO TEMPO NO COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE

A Geografia do Tempo atualmente tem um número grande de pesquisas realizadas a nível internacional. Segundo o levantamento de Santos *et al.* (2014) existem uma quantidade aproximada de 11654 artigos publicados sobre pesquisas de Geografia do Tempo, dos quais um 3% estão relacionados a GT e a transportes. A crescente popularidade do GT tem desenvolvido novas perspectivas para a pesquisa em transporte. E o avanço da tecnologia Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem também influenciado para mudar o interesse na GT. Uma das ideias dominantes subjacentes à ABA é que, no momento que os indivíduos interagem e realizam atividades são confrontados com a natureza inseparável do espaço e o escasso tempo. O movimento humano implica um intercâmbio entre esses recursos e está condicionada pelas várias restrições e oportunidades oferecidas pelo contexto físico, institucional, social e cultural em que os indivíduos estão inseridos (Miller, 2007; Neutens, 2010).

Hägerstrand já tinha levantado essa ideia em 1960 e, foi a partir de seu artigo seminal de 1970, que apresentou a teoria para analisar os deslocamentos humanos e atividades no espaço e no tempo definida como a teoria da Geografia do Tempo. No entanto, nas seguintes décadas da apresentação de seu trabalho a Geografia do Tempo tem sido criticada e pouco

aceita pelo campo acadêmico, especialmente pela falta de ferramentas computacionais que permitem levar para experimentação as propostas conceituais (Neutens, 2010). A partir dos anos 90, com a implementação dos sistemas de informação geográfica esta abordagem ganhou rapidamente popularidade. O trabalho de Miller (1991) permitiu a implementação da GT como um aparato conceitual na pesquisa empírica.

Na última década dada a recente proliferação de pesquisas que utilizam a GT, é necessário realizar uma revisão da literatura da linha de pesquisa e sua relevância para a pesquisa em transporte. Assim, a estrutura deste capítulo é da seguinte forma: a primeira seção apresenta uma descrição da origem da GT. Posteriormente, na subseção 3.1.2 traz a descrição breve da linha de pesquisa principal da GT. Na seção 3.2 é proposta a agenda de pesquisa futura da GT para transporte. Foram identificadas áreas de pesquisa importantes para que precisam de desenvolvimento para maiores aplicações da GT na formulação de políticas de transporte.

2.5.1 A Teoria da Geografia do Tempo e sua origem

Hägerstrand insistiu que a geografia humana deveria ser contextualizada com o tempo. Parte dessa motivação conceitual para o Geografia do Tempo era o seu descontento em estudar geografia como uma área diferenciada com o tempo contextualizado como fatias. A teoria de Hägerstrand da Geografia do Tempo (GT) foi altamente influenciado por conceitos em ecologia humana. Segundo Hägerstrand (1997) a forma de navegação através do tempo e do espaço e de cada dia da vida dos indivíduos, grupos, e instituições é definida pela disponibilidade desses recursos. Tempo e espaço serve como uma arena/área social compartilhada onde cada indivíduo tem a oportunidade de interagir com outros indivíduos, agências e instituições (Hägerstrand, 1978, 1984a). Particularmente, Hägerstrand (1984a, 1984b) ressaltou que as interações tempo espaço são inerentemente restritas e limitadas e altamente dependentes das geografias diárias dos indivíduos.

Parte da motivação conceitual para a GT foi o descontentamento com a conceitualização do tempo no estudo da geografia como fatias em uma área diferenciada (Gren, 2009). A clássica versão de Geografia do Tempo de Hägerstrand (1970) é uma abordagem para ir além dos dados agregados e focar nos deslocamentos dos indivíduos no espaço e no tempo. De acordo com o conceito da GT a forma como os indivíduos, grupos ou instituições navegam através do tempo e do espaço e cada dia da vida é definido pela disponibilidade destes dois recursos inter-relacionados (Sui, 2012). Hägerstrand (1984a, 1984b) ratificou que as interações de tempo e espaço são inerentemente limitadas e restritas e totalmente dependentes na geografia

diária das pessoas. Apesar de ter sido bastante criticado Hägerstrand (1989) continuou trabalhando durante os últimos 30 anos de sua vida para desenvolver múltiplos caminhos para estender o conceito do Tempo Geográfico.

Os principais elementos da GT desenvolvidos são os seguintes:

a) Instituição: desde as pessoas à sociedade-tecnologia-ambiente

A visão de Hägerstrand (1970) foi aceita gradativamente como uma abordagem na geografia humana que abordava os aspectos espaciais e temporais para estudar a constituição da vida social. A GT tinha uma maior ênfase nas condições espaciais e temporais das atividades humanas e interações humanas (Miller, 2004; Sui, 2012). Embora no artigo de 1970 foram considerados a matéria e o ambiente, o principal foco na versão clássica da GT foram as pessoas. Hägerstrand trouxe a discussão sistemática de que a Geografia do Tempo deveria focar-se no grupo de sociedade-tecnologia-ambiente (Gren, 2009; Sui, 2012). Ele considerava que as pessoas deveriam ser incluídas como “parte de” e “não aparte de” a natureza.

Hägerstrand (1993) estendeu a versão da GT no artigo “*What about nature in regional Science*” articulando a importância de situar as atividades humanas num contexto mais abrangente de natureza e médio ambiente. Ele propôs o uso do ciclo de vida como análise com um foco no metabolismo industrial como metodologia para o estudo da movimentação da matéria no espaço e no tempo. A versão estendida da GT já apresentava um caráter mais material – realidade, o principal interesse neste trabalho foi o domínio fenomenológico da matéria e as entidades corpóreas – o mundo material encontrado ao mesmo nível de cada dia (Sui, 2012).

Segundo Turner (2002) a Geografia do Tempo nesse sentido seria uma teoria ontológica que tenta relacionar natureza, sociedade e tecnologia. Teoria que tem interesse na transformação dos habitats no transcorrer do tempo que inclui não somente pessoas e artefatos, mas também sua base natural. Isso pode explicar porque a GT é geralmente descrita como uma “ecologia situacional” (Gregory, 2002). Geografia do Tempo deve ser entendida além de sua contextualização teórica na geografia humana e outras ciências sociais, mas também como um desenvolvimento de um ponto de vista prolongado de uma ecologia humana. Alguns outros trabalhos dos seguidores desta linha como Carlstein (1982) tem tentado explicar a dimensão ecológica da GT. Outros pesquisadores de diferentes disciplinas têm aplicado recentemente a GT em casos de características não

humanas, como o seguimento do deslocamento de ursos grizzly (Baer e Butler, 200). Garton (2011) tem modelado populações animais e seus habitats e sua disponibilidade no espaço e no tempo. Outro interessante trabalho é de Jones e Cloke (2008) que utilizaram a teoria de Hägerstrand para analisar o crescimento de árvores no espaço e no tempo (Sui, 2012).

Contudo, Hägerstrand apresentou a Geografia do Tempo como um modelo de rede socioambiental, cujo ênfase na realidade corpórea, contextualização e processos colaterais sempre foram interpretados de uma maneira muito estreita. Compreendendo todo o trabalho desenvolvido da GT, a mesma se propõe como uma teoria entre a ecologia humana tradicional e a geografia humana, a qual tem como objetivo criar um método de entender “*a síntese contextual na área home-ambiente*” (Hägerstrand, 1973; Sui, 2012).

b) Espaço: debate entre espaço abstrato e um local/paisagem concreto

A conceitualização do espaço na clássica versão da Geografia do Tempo foi considerada como um longo espaço abstrato definido por uma área ou região com coordenadas cartesianas que tornam possível o desenvolvimento dos caminhos e trajetórias de deslocamento humanos mensuráveis de uma forma cartográfica (Sui, 2012). Com o desenvolvimento dos Sistemas de Posicionamento Global (*GPS*) os avanços na coleta de dados geográficos espaciais e nos Sistemas de Informação Geográfica (*GIS*) tem permitido abstrair a visão do espaço na Geografia do Tempo como um container (Yu, 2006). Mas para Hägerstrand (1983a) a conceitualização abstrata do espaço nunca foi suficiente para ele. Hägerstrand sempre quis transcender os mapas e por isso sua concepção do espaço mudou do absoluto (um container, Visão Newtoniana) ao relativo/relacional (um resultado da ontologia da matéria, Visão de Leibnizian) ao espaço concreto/paisagem (habitat, Visão Aristotelizada) (Sui, 2012).

Segundo Sui (2012), a visão de Hägerstrand foi holística para representar os conceitos de “união” e “presença”. Hägerstrand defendeu que a melhor aproximação para representar a presença momentânea e a locação relativa de todas as continuidades é a paisagem. Uma conceitualização absoluta do espaço mensurável e possível de mapear não era ideal para representar o espaço devido à perda de informação que poderia ter. Para Hägerstrand (1982) a paisagem é um conceito holístico capaz de capturar todo o existente num território delimitado na superfície da terra ambos materiais e não materiais.

O uso da representação do espaço abstrato com caminhos ou prismas por Hägerstrand foi unicamente para um melhor entendimento do espaço concreto definido pelos padrões espaço – temporais das ações. Como apresentado por Sui (2012) o entendimento da mudança da visão de Hägerstrand do espaço de um definido por coordenadas abstratas, a locais, definidos por paisagens, é importante para poder apreciar as múltiplas dimensões da Geografia do Tempo.

c) Tempo: debate entre tempo simbólico e tempo incorporado

O trabalho de Hägerstrand (1982) permitiu que a geografia avançasse de mapas planos com padrões estáticos a um pensamento de um mundo em movimento. Similar ao acontecido com a concepção do espaço, a concepção de Hägerstrand sobre o tempo também evoluiu de um tempo como uma cadeia de momentos deslocando-se para adiante de uma forma não diferenciada, a um tempo “*incorporado nas permutações situacionais da matéria no espaço*” (Hägerstrand, 1988).

Segundo Sui (2012) Hägerstrand denominou sua abordagem como “Geografia do Tempo”, mas rara vez, a diferença com o acontecido com o espaço, a visão do tempo foi debatida de uma forma explícita. Durante toda a carreira de Hägerstrand só foi publicado um artigo científico em língua inglesa debatendo explicitamente o conceito do tempo. A mudança da visão do tempo é feita do tempo simbólico ao um tempo incorporado. Segundo Hägerstrand (1988) o tempo simbólico é uma entidade abstrata e autônoma, criada para resumir um longo número de experiências e observações. O tempo incorporado refere-se a um tempo dobrado na realidade visível e tangível. Também foi definido por Alverson (2001) como “tempo contado”, definido por eventos ou histórias em algumas sociedades primitivas.

A discussão mais interessante sobre estas definições sobre o tempo dentro da teoria proposta por Hägerstrand considera a noção do presente e do futuro. Para o tempo simbólico (tempo do relógio ou do calendário) o presente é interpretado como uma linha do agora pontual que se movimenta para a frente um não existente futuro. O tempo incorporado à sua vez implica um presente pontual como relógio comum a todo (Crang, 2011). Ao invés, de um tempo de vida total ou tudo o tempo da existência de cada corpúsculo destacando-se como seu presente.

Outro dos conceitos importantes da GT é o prisma espaço-tempo, o qual reflete as possibilidades de atividades e viagem de um indivíduo considerando um orçamento de tempo delimitado por dois vértices (Neutens, 2010). O prisma espaço-tempo reúne todos os caminhos espaço temporais que um indivíduo pode realizar durante o orçamento de tempo que disponha. Classicamente os vértices geralmente são determinados por pontos de ancoragem de atividades fixas e consecutivas. Suas outras áreas são determinadas pela máxima velocidade que pode ser atingida, durante o orçamento de tempo, o mínimo de tempo requerido para participação em cada atividade e a distância física que separa os pontos de ancoragem (Miller, 2005; Neutens, 2010). A partir do prisma foi desenvolvido o conceito de Área Potencial de Deslocamento que é definida como a projeção em duas dimensões do prisma espaço-tempo ao plano geográfico e envolve todo o conjunto de oportunidades que uma pessoa pode realizar durante seu deslocamento como é apresentado na Figura 2.3 (Miller, 1991; Neutens, 2010).

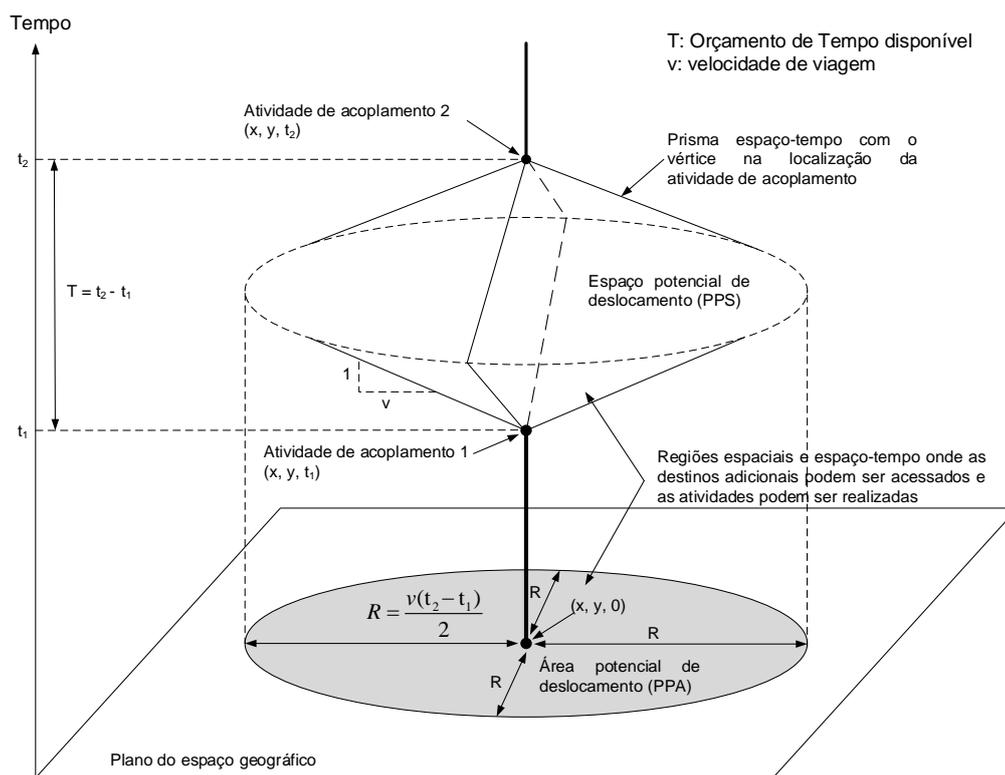


Figura 2.3 Prisma espaço-tempo

2.6 ESTUDOS SOBRE O COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE NO CONTEXTO BRASILEIRO

O início do estudo do Comportamento em Transporte no contexto brasileiro foi focado na ABA. Principalmente analisando a formação de padrões de viagens ou cadeias de viagens e os fatores sócio econômicos e/ou uso de solo que podem influenciar nessa formação (Taco, 2003; Arruda, 2005; Pitombo, 2007; Araujo, 2011). Continuando essa linha, estudos mais recentes trazem os questionamentos da influência da forma urbana, particularmente a expansão urbana, na formação de padrões de viagens (Takano, 2010; Medrano, 2012). O trabalho de Larrañaga *et al.* (2014) analisa a influência do ambiente construído e as atitudes na escolha de caminhar na região metropolitana de Porto Alegre.

Pode-se observar uma evolução das pesquisas iniciais que trabalhavam com a ABA para ingressar no entendimento do comportamento da pessoa nas escolhas de transporte. Silva (2013) apresentou os primeiros questionamentos sobre o estilo de vida e sua influência na escolha do modo de transporte para o contexto brasileiro. Os resultados apresentaram grupos latentes de estilo de vida em função da escolha do modo de transporte numa análise global realizada para todo Brasil. Santos (2013) trabalhou mais na parte conceitual utilizando a teoria da atividade para analisar especificamente a viagem de lazer na cidade. Neto (2014) analisou mais os fatores psicossociais do uso de transporte público fazendo uma comparação entre Distrito Federal (Brasil) e a região de *Hampton Roads* (USA). Alves (2014) aprofundou na análise da confiabilidade do tempo de viagem e sua influência no comportamento em transporte de acesso a aeroportos na região metropolitana de São Paulo/SP.

A literatura de Comportamento em Transporte para o contexto brasileiro ainda numa fase inicial, se comparada ao contexto internacional. Mas, inicialmente focadas em ABA, tem evoluído também para a Psicologia Social, sobretudo buscando o entendimento das decisões ou escolhas em transporte que o cidadão brasileiro realiza. Ainda fica sem pesquisa a área relacionada com a Abordagem Orientada a Vida ou Estágio do Ciclo de Vida. Esses são alguns temas para a agenda de pesquisa dos programas de pós-graduação em transporte.

2.7 AGENDA FUTURA DE PESQUISA EM COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE

Baseando-se na revisão da literatura acima, foram identificadas algumas áreas promissoras em Comportamento em Transporte que merecem esforços de pesquisas, especialmente aplicado ao contexto Latino Americano. Dentro dessas áreas, serão apresentadas oportunidades de estudo na análise de demanda de viagens e planejamento de transporte.

2.7.1 A socialização da escolha

O homem é um animal social, com identificação com a família, clubes, tropas, tribos, etnias e nacionalidades. Isso tem consequências severas no comportamento econômico da escolha. Primeiro, as pessoas podem procurar em suas redes sociais por informação. Segundo, elas buscam em redes sociais pela aprovação, e posteriormente utilizam a contabilidade para limitar a escolha. Terceiro, elas podem fora de seu próprio interesse envolver-se em reciprocidade mutuamente benéfica, quando os atos estão em sincronia. Mas envolve elementos mais complexos de reputação e confiança quando eles não estão. Quarto, as pessoas podem se engajar no altruísmo genético, fazendo escolhas que estão no interesse de sua progênie ao invés de interesses próprios das pessoas como indivíduo. Quinto, elas podem exibir um comportamento altruísta que obviamente não serve a seus interesses pessoais ou genéticos (McFadden, 2014)

Existe uma abrangente literatura na economia sobre a socialização do consumo (Veblen, 1899; Leibenstein, 1950; Schelling, 1978). Mas ainda é obscuro o mecanismo de como isso ocorre. E isso não tem levado a uma formalização simples comparável ao realizado para a teoria convencional da demanda (McFadden, 2010). Kohler (2001) pesquisou o efeito da comunicação boca a boca de amigas coreanas em sua escolha de anticoncepcionais. Essas tinham pouco acesso à informação pública sobre eficiência, custo e efeitos secundários. Os resultados apontaram que a comunicação boca a boca era importante para explicar as escolhas da maioria dessas mulheres.

A pesquisa sobre os efeitos culturais na escolha pode ser um campo importante para o desenvolvimento do estudo da escolha em transporte. As normas sociais de culturas isoladas podem ter uma influência importante na escolha das pessoas, como foi apresentado em Henrich *et al.* (2004) e Bowles e Gintis (2011). Os resultados indicaram que a violação do axioma de egoísmo (*selfishness*) é comum entre as culturas, mas com diferenças que são um produto da vida social e econômica das pessoas.

Dentro da área de transporte, não existem estudos que tratem especificamente do tema da socialização da escolha. Uma forma de socialização da escolha em transporte pode ser relacionada com o estilo de vida das pessoas. Onde os grupos sociais as quais as pessoas pertencem podem influenciar na sua escolha de transporte (Silva, 2015).

2.7.2 Sensação e Neuroeconomia

Uma nova linha de estudo do comportamento das pessoas na decisão de escolha tem sido marcada com a ciência cerebral, através da identificação de estruturas de recompensa e neurotransmissores no cérebro, e o estudo do impacto de problemas de escolha no cérebro na presença de tratamentos experimentais (McFadden, 2014). Algumas mensurações no cérebro incluem mapas de consumo de energia (Imagem de Ressonância Magnética Funcional – fMRI, e tomografias de emissão de pósitrons – PET), e eletroquímica. Em conjunto com intervenções do comportamento (modificação do ambiente de escolha, e mensuração da resposta), as mensurações do cérebro fornecem informação da estrutura do processo cognitivo, percepções e sensações associadas com a escolha. Segundo McFadden (2014) essas aplicações podem ainda não ser precisas para mensurar o prazer, mas eles fornecem algumas funcionalidades e compreensão sobre as sensações que os economistas chamam de utilidade.

Ambos estudos do cérebro e de observação do comportamento indicam que o organismo parece ter um comportamento como de uma esteira hedonista, rapidamente habituando-se a uma homeostase, e experimentado prazer para os ganhos e dor para as perdas relativo ao ponto de referência que a homeostase define (Bozarth, 1994; Berridge, 2003; Bhatt e Camerer, 2005; Sanfey *et al.* 2003). Os resultados advindos de estudos do cérebro apresentam que a área ventral tegmental dopamina na região límbica/amígdala tem um papel muito importante na experiência do prazer, e que também pode mitigar com um desfase a sensação de dor (Becerra *et al.* 1999; McCabe *et al.* 2001; Rustichini *et al.* 2003; McClure *et al.* 2004; Dichhaut *et al.* 2005; Camerer, 2005; McFadden, 2014). Segundo McFadden (2014), os resultados apontam que o fenômeno da escolha está ligado a estrutura do cérebro. Isso pode ser considerado como boas e más notícias para os utilitaristas: os caminhos do sistema límbico de recompensas parecem corresponder a uma bomba de utilidade, mas circuitos especializados do cérebro processam a experiência em formas que não são necessariamente consistentes com a inflexível maximização da experiência hedônica.

2.7.3 A percepção humana do tempo

O tempo é o atributo ou variável mais importante nos estudos em transporte. Os usuários geralmente confiam nas estimativas de duração de tempo quando realizam um longo intervalo de decisões relacionados ao consumo (Zauberman *et al.* 2009; Ariely e Loewenstein, 2000; Fredrickson e Kahneman, 1993; Robinson e Nicosia, 1991). O trabalho de Raghbir *et al.* (2010) identificou um novo viés na estimativa da duração que dos percursos realizados por pessoas, um exemplo foi a comparação entre tempos viagens desde um destino até a residência, que são percebidos como mais curtos que as viagens desde a residência até o mesmo destino. Esses resultados podem ser interpretados como uma indução familiar entre o efeito “casa” *versus* “destino”. A partir de uma perspectiva mais abrangente, esses resultados também são coerentes com a pesquisa que apresenta que as feições espaciais de um ambiente sistematicamente influenciam como as pessoas experimentam o tempo (Boroditsky e Ramscar, 2002; Boroditsky, 2000). Futuras pesquisas deverão focar em fatores que influenciam os sentimentos associados com a ação de chegar até um local, e se esses fatores são os mesmos ou diferentes daqueles que afetam as estimações da duração da viagem.

O trabalho de Allman *et al.* (2014) também permite vislumbrar novas fronteiras sobre o tema da percepção do tempo. Os seres humanos compartilham com outros animais a habilidade de mensurar a passagem do tempo físico, e subjetivamente experimentam uma sensação do passo do tempo. O tempo subjetivo possui qualidade de indicação, semelhante aos outros sentidos, que podem ser explicados pelos modelos formais, psicológicos e neurobiológicos do relógio interno. Estes incluem os princípios de primeira ordem, tais como mudanças na velocidade de relógio e como as memórias temporais são armazenados; e, princípios de segunda ordem, incluindo invariância de escala de tempo, integração multissensorial, estrutura rítmica, e tempo compartilhado de atenção (Allman *et al.* 2014). Nesses princípios existem: diferenças individuais típicas influencias das emoções, velocidade de pensamento, drogas psicoativas; e, diferenças atípicas nas pessoas afetadas com doenças clínicas específicas (Autismo, Mal de Parkinson e Esquizofrenia). Maiores aprofundamentos são necessários para fornecer um quadro conceitual para esclarecer como as mudanças nas propriedades do relógio interno impactam na percepção do tempo.

2.7.4 As atitudes implícitas na decisão de escolha do modo de transporte

Um tema que está exigindo grande esforço no estudo da ciência da escolha é o tema das atitudes implícitas, ou seja, que são realizadas no subconsciente do cérebro e de forma automática (Houwer, 2006; Greenwald, 1998; Swanson, 2001; Martinussen, 2015). As atitudes implícitas refletem traços de passadas experiências não identificados introspectivamente (Greenwald e Banaji, 1995).

Ainda na literatura de transporte existem poucos trabalhos voltados ao tema atitudes implícitas e seus impactos em decisões de transporte. Martinussen *et al.* (2015) estudou as relações entre as atitudes implícitas sobre segurança e risco na condução, e habilidades e comportamento de condução auto relatados. As atitudes implícitas foram relacionadas significativamente com as habilidades e o comportamento de condução auto relatados dos motoristas do sexo masculino. Embora os resultados tenham sido interessantes, futuras pesquisas devem explorar em amostras maiores as atitudes implícitas, já que os resultados seriam relevantes para ações focadas em motoristas masculinos e femininos.

2.7.5 As incertezas do prisma espaço tempo nas redes de transporte

O maior expoente do Geografia do Tempo na sua aplicação em transporte foi à acessibilidade (Ashiro et. al., 2003, Neutens, 2010). Onde os principais conceitos que a teoria do Geografia do Tempo apresenta na sua estrutura analítica: restrições (autoridade, capacidade, acoplamento), o caminho espaço tempo, e o prisma espaço tempo, permitiram desenvolver a pesquisa de acessibilidade de uma forma mais humana e menos fixa nos fluxos de veículos e a distância. O trabalho realizado por Burns (1979) torna-se fundamental para aplicação do Geografia do Tempo em transporte. Ele analisa distintos componentes do Geografia do Tempo e seus impactos no transporte das pessoas.

Burns (1979) traz o primeiro trabalho mais rico em quanto a análise matemática sobre os componentes espaciais e temporais do transporte baseado no Geografia do Tempo de Hägerstrand. O estudo trouxe muitas contribuições ao estado da arte na análise do Geografia do Tempo e da acessibilidade. O primeiro aporte do trabalho de Burns refere-se ao Prisma espaço tempo de um indivíduo restrito para viajar em todas as direções (Figura 2.4). A diferença do clássico modelo adotado pela maioria dos pesquisadores de um prisma elipsoidal isomórfico o qual foi baseado na hipótese de que o indivíduo pode se deslocar em todas as direções, apresenta uma área potencial de deslocamento mais restrita espacialmente o que pode representar uma acessibilidade do indivíduo mais próxima a realidade. O modelo

clássico é baseado num espaço plano com os pontos de ancoragem conhecidos e fixos. Os pontos de ancoragem definem os locais onde o indivíduo realiza suas atividades, mas na realidade é difícil poder coletar a localização exata das atividades do indivíduo.

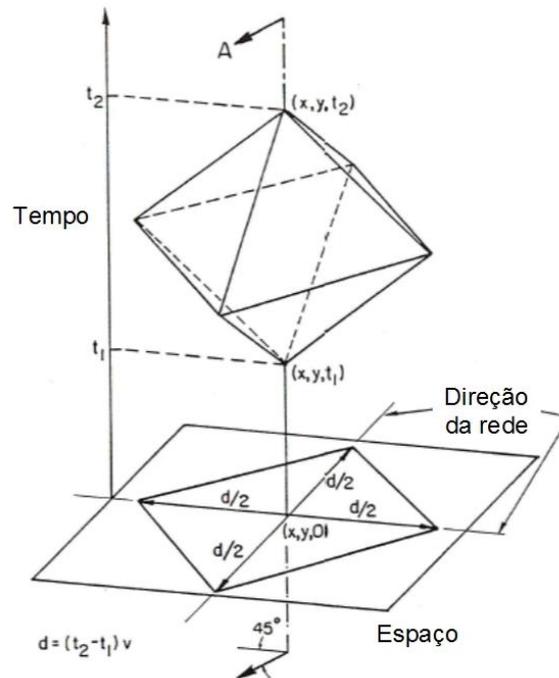


Figura 2.4 O prisma espaço tempo para um indivíduo restrito pela rede de transporte. Fonte: adaptado de Burns, 1979.

A importância de uma definição de um prisma espaço tempo mais restrito a rede de transporte permite diminuir o erro da incerteza sobre a localização dos pontos de ancoragem. Essa incerteza existente no modelo clássico do prisma espaço tempo pode levar a que as restrições de tempo possuam um grau de flexibilidade. Kuijpers et. al. (2010) estudaram essas incertezas existentes do modelo clássico e propuseram dois algoritmos para análise do prisma espaço tempo baseado na rede de transporte. O resultado da pesquisa de Kuijpers et. al. (2010) permite refinar a aplicação do prisma espaço tempo na flexibilidade ante as mudanças entre as atividades fixas e as atividades flexíveis. O modelo 3D (Figura 2.5) que o algoritmo gera também permite visualizar de uma forma mais próxima à realidade as possibilidades de deslocamento de um indivíduo.

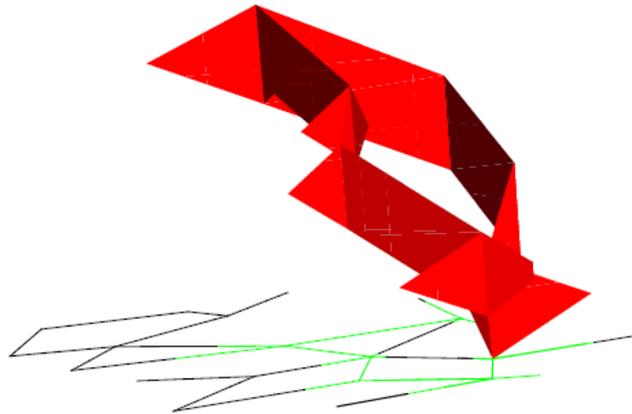


Figura 2.5 Prisma espaço tempo 3D baseado na rede de transporte. Fonte: Kuijpers et. al., 2010.

O trabalho de Kuijpers et. al. (2010) traz a discussão pontos importantes sobre incertezas no modelo clássico do prisma espaço tempo. Deixa claro que a aplicação do modelo clássico em transporte não é suficiente para aproximar-se da realidade e das possibilidades de deslocamento que os indivíduos podem ter dependendo de sua acessibilidade. Outro ponto importante é incerteza gerada pelos pontos de ancoragem no prisma. Tal incerteza pode afetar a estimação das restrições temporais que afetam ao indivíduo. Suportando a discussão da eficiência de análise do modelo clássico do prisma espaço tempo, também foram levantadas outras dúvidas que levam a refletir sobre a reformulação do modelo clássico para sua aplicação em transporte. A Figura 2.6 apresenta o questionamento sobre a aplicação do prisma espaço tempo quando se interage com barreiras topográficas. Assim, o modelo proposto por Kuijpers et. al. (2010) traz as primeiras orientações para pode trabalhar com barreiras topográficas.

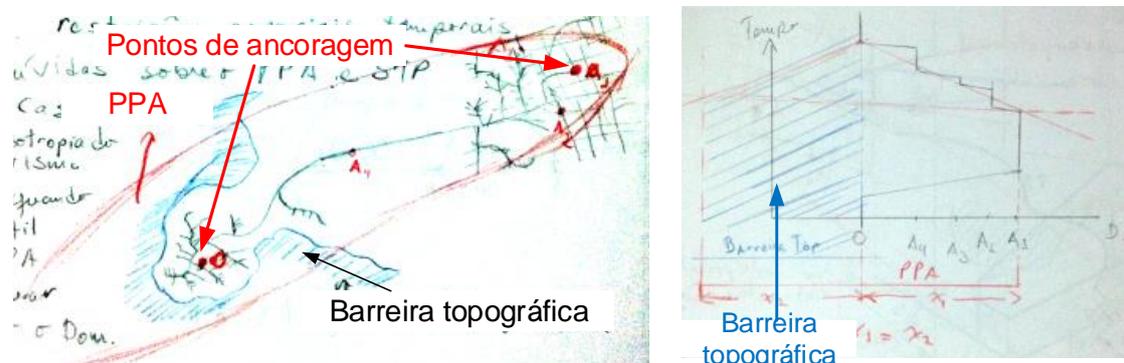


Figura 2.6 Representação do problema de barreiras topográficas no modelo clássico do prisma espaço tempo. Fonte: elaboração própria.

Chen *et al.* (2013) apresentaram uma abordagem para formular um prisma espaço – tempo confiável para considerar explicitamente as probabilidades de chegada pontual de uma pessoa quando afronta uma incerteza de tempo de viagem. Esse prisma espaço – tempo confiável foi definido como um conjunto de locações espaço – tempo onde as pessoas podem participar de uma atividade e retornar a seu destino com uma probabilidade de chegada pontual.

Os autores propuseram um novo algoritmo para construção desse novo prisma espaço - tempo confiável. Posteriormente, para demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto foi realizado um estudo de caso utilizando dados reais de trafego. Os resultados demonstraram que o modelo proposto de prisma pode representar próximo a realidade o espaço - tempo de uma pessoa considerando várias probabilidades concernentes a chegada pontual em condições de incerteza de tempo de viagem. A Figura 2.7 apresenta o prisma resultante do estudo.

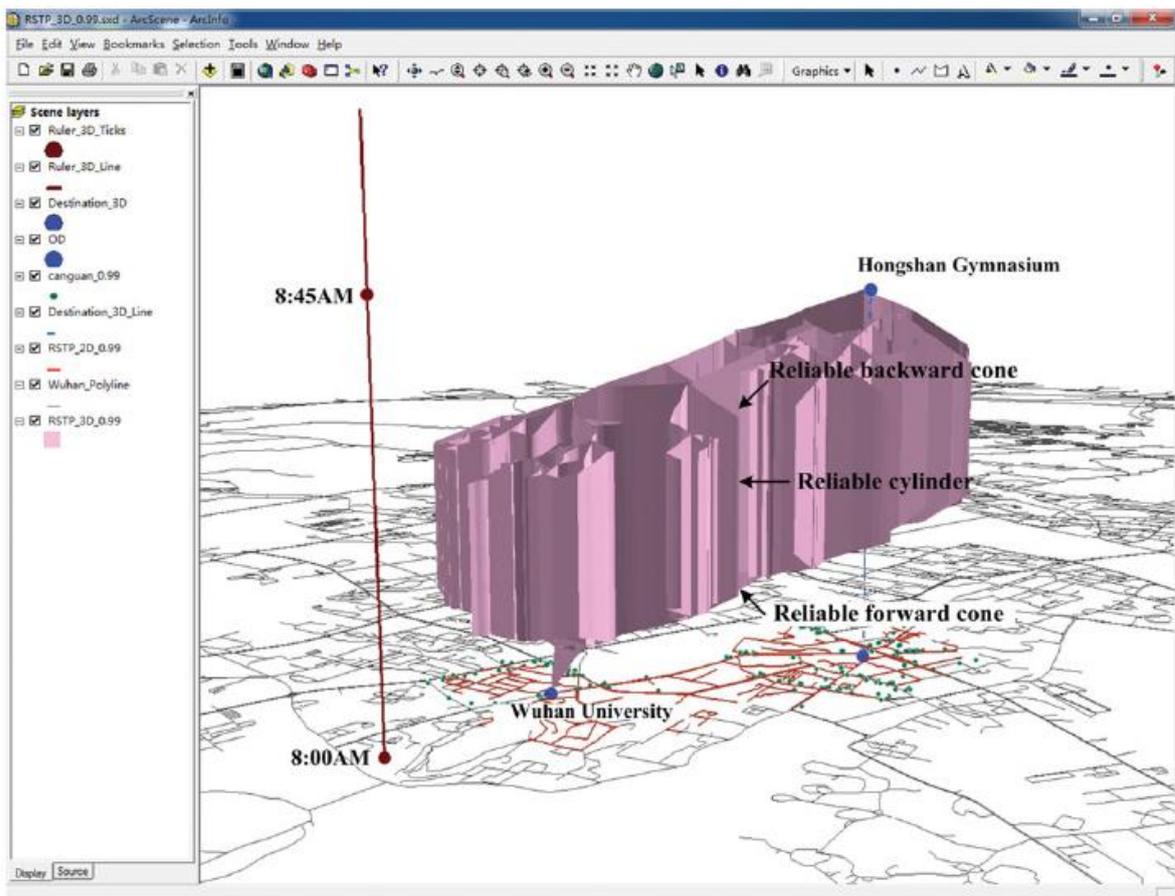


Figura 2.7 Prisma espaço - tempo confiável representado em 3D GIS. Fonte: Chen *et al.* (2013)

2.7.6 Mensurações de benefício da autonomia espaço tempo

Segundo Burns (1979) a autonomia espaço-tempo que possui uma pessoa pode ser afetada por uma variedade de estratégias que o indivíduo deseje realizar. A decisão de qual a estratégia ser realizada depende de quanto um indivíduo pode valorar a sua autonomia espaço-tempo. Assim, o conceito de benefício da acessibilidade é introduzido para poder mensurar o impacto das decisões de estratégias que o indivíduo decide tomar. Burns (1979) propôs duas abordagens para a implementação do benefício da acessibilidade: a primeira é a abordagem baseada na oportunidade na localização (equação 15), e a segunda é a abordagem baseada na oportunidade na rota (equação 16). Cada uma das duas abordagens posteriormente eram aplicadas na prática utilizando a teoria da maximização da utilidade (equação 17).

$$\bar{C}_p = \{(d_k, a_k, T_k) | k \in R\} \quad (10)$$

$$\bar{C}_p = \{(x_L, \bar{a}_L, \bar{s}_L) | x_L/v < t_j - t_i\} \quad (11)$$

$$\max U = U[a(x), s(x)] = \mu a(x)s(x)^\alpha \quad (12)$$

Onde: \bar{C}_p é a mensuração do benefício da acessibilidade; k é local de atividade; d é distância, a_k é atratividade do local k; T tempo de viagem até o local k; x_L é a distância mínima entre uma origem e destino de uma rota L; s_L é o tempo disponível entre as localizações da rota L; a_L é atratividade da rota L.

Ashiru *et al.* (2003) estenderam os modelos proposto por Burns baseado no prisma espaço tempo. As mensurações propostas para benefício da localização e da rota foram modificadas inserindo a demora da rota, tempo de espera no local e tempo de espera da atividade. O objetivo principal dos autores foi o desenvolvimento de expandir as mensurações de autonomia espaço – tempo baseadas no local e desenvolver uma família de mensurações de autonomia espaço – tempo baseadas na rota. Isso permitiria a análise de mensurar utilidades espaço – tempo baseadas em atividades desagregadas que podem ser aplicadas a horários de atividades individuais e também permitir a incorporação de restrições de renda dentro dessa nova utilidade espaço - tempo.

Aplicando a abordagem da utilidade aleatória o modelo foi estendido ao modelo STUAM que mensura a utilidade da acessibilidade espaço - tempo. O modelo final proposto por Ashiru *et al.* (2003) incorpora a demora da rota, tempo de espera no local, e tempo de espera

da atividade conjuntamente com ambas mensurações do benefício da rota e do local o que facilita a determinação mais robusta e realista da mensuração da acessibilidade espaço – tempo.

Embora o modelo proposto satisfaça vários axiomas do quadro conceitual dos axiomas de Weibull (1976) para acessibilidade, ele também viola alguns estritos axiomas. Contudo e como observado por Miller (1999) o quadro conceitual de Weibull exclui alguns comportamentos observados de escolha espacial. Uma futura área de pesquisa pode envolver a extensão do quadro conceitual axiomático de Weibull para incluir programas de atividades com viagens de múltiplas paradas e estratégias de informação e processamento hierárquicas e com informações imperfeitas. Finalmente, a dificuldade da atual técnica para poder trocar um tempo de início ou saída cedo ou atrasado e mudanças na duração de atividades principais e discretas pode também ser levantado como outra área de futura pesquisa.

2.8 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Neste capítulo, tópicos que traçam uma nova fronteira para pesquisa em Comportamento em Transporte foram discutidos. Foram levantados uma seleção de teorias, modelos e aplicações em transporte de escolha e a tomada de decisão sobre condições de incerteza. Especificamente, foram discutidas a Teoria da Utilidade Esperada, a Teoria das Expectativas, e a Teoria do Arrependimento. Observou-se que a maioria das aplicações em transporte são estudos que tratam da escolha da rota e horário de saída sobre condições de incerteza. Embora essas teorias têm em comum o propósito de oferecer um modelo que permita a explicação de anomalias empíricas da escolha sobre condições de incerteza, elas detalham diferentes mecanismos e conseqüentemente também diferenciam em termos de sua especificação matemática.

Cada teoria foi originalmente formulada em disciplinas diferentes da área de transporte, e aplicados na pesquisa em Comportamento em Transporte. Como as teorias originais foram formuladas com o foco das apostas e jogos de loterias, surge a dúvida sobre a validade e utilidade que podem ter nas pesquisas em Comportamento em Transporte. Em todo caso, é necessário considerar que as pessoas sempre terão uma incerteza no momento de tomar uma decisão ou escolher um modo de transporte. É necessário um maior aprofundamento sobre o impacto da incerteza nas escolhas de transporte, e mais aplicações empíricas da Teoria das Expectativas e do Arrependimento na pesquisa do Comportamento em Transporte.

Outro aspecto importante abordado nesse capítulo foi o tema da felicidade e satisfação com o modo de transporte. Com base na literatura revisada, pode-se observar que existe um impacto importante dos aspectos emotivos e de felicidade nas decisões e escolha do modo de transporte. Existe maior felicidade sobre a escolha do modo de transporte para os usuários de carro do que os usuários de transporte público, no contexto europeu e americano. E como proposto por McFadden (2014) o novo modelo comportamental da escolha considera os fatores afetivos e emocionais, e como eles podem impactar na percepção e as decisões das pessoas.

Pode-se trazer também a discussão que esses fatores mais afetivos ou subjetivos são parte do processo de vida de um ser humano. Diante desse contexto, a Abordagem Orientada a Vida resulta ser um campo importante para o futuro da pesquisa em comportamento em transporte. As pesquisas empíricas no campo da Abordagem Orientada a Vida e a Abordagem do Estágio de Ciclo de Vida indicam que os eventos mais importantes que ocorrem na vida do ser humano afetam as suas decisões e estruturam a sua mobilidade dentro de uma cidade.

A Geografia do Tempo é uma abordagem importante para a prática científica em comportamento em transporte, já que a diferença das outras abordagens a Geografia do Tempo se foca nas possibilidades que pode ter uma pessoa para realizar certos comportamentos. Principalmente, esta abordagem traz o conceito do espaço – tempo como um sistema que impõe barreiras e restrições às pessoas para poder desenvolver suas atividades e sua mobilidade. Isso é feito com o intuito de que essas barreiras e restrições são mais passíveis de intervenções políticas do que as preferenciais e escolhas.

Diante do contexto apresentado, a área de Comportamento em Transporte oferece um quadro conceitual para analisar como as pessoas tomam decisões e estruturam a forma de deslocar-se para participarem das suas atividades diárias. Embora a maioria dos estudos de seus estudos estejam focados nas escolhas ou decisões de viagens atuais das pessoas, considerando principalmente atributos exógenos ao ser humano, os trabalhos revisados evidenciam que a decisão ou escolha de transporte que realiza uma pessoa obedece a um processo mais complexo relacionado com todo o processo de vida, e que interage com aspectos endógenos do ser humano (afeto, memória, percepção, etc.).

Com base na revisão da literatura apresentada nos anteriores capítulos, se procedera a realizar a sistematização do Comportamento em Transporte no modelo Ontológico do Transporte. Mas, primeiro no próximo capítulo será apresentado a Teoria dos Sistemas de Mario Bunge, ferramenta que será utilizada para realizar essa sistematização.

3 A TEORIA DOS SISTEMAS DE MARIO BUNGE E O MODELO ONTOLOGICO DOS TRANSPORTES

3.1 APRESENTAÇÃO

Esta tese trata principalmente do desenvolvimento de uma abordagem conceitual do Comportamento Humano para o desenvolvimento da prática científica em Transporte. Como foi visto nos capítulos anteriores, dentre os fatores motivadores deste trabalho estão a crescente dinâmica da complexidade do comportamento de viagens das pessoas, a parcialidade da abordagem dada aos problemas, e a reivindicação de uma visão multidisciplinar, dentre outros fatores. Adicionalmente, ante a utilização de distintas abordagens e teorias para pesquisa em transporte fazem parte da motivação de refletir no conceito de transporte.

Partindo do trabalho de Magalhães (2010), a Teoria dos sistemas de Mario Bunge será a ferramenta aplicada para o objetivo desta tese. O presente capítulo tem a finalidade de recuperar, com base no citado trabalho os conceitos, definições, elementos básicos e ferramentas que serão úteis para aplicação da sistematização do comportamento em Transporte no Modelo ontológico de Transporte. Posteriormente será apresentado o Modelo Ontológico de Transporte desenvolvido por Magalhães que será a base para a abordagem conceitual do Comportamento em Transporte.

3.2 A ONTOLOGIA DE MARIO BUNGE

O trabalho de Bunge (1977) formalizou as bases para uma ontologia científica de sistemas trazendo recursos para realizar uma sistematização de diferentes teorias sobre um mesmo fenômeno. A visão de Bunge apresenta um equilíbrio entre a visão Holística e a visão Atomista da ciência. Nesta seção, o que se fará é uma compilação de aspectos considerados mais importantes na obra de Bunge levantados no trabalho de Magalhães (2010) como os mais instrumentais para abordar as noções tratadas dentro do Modelo Ontológico de Transporte. Alguns trechos e definições formais serão transcritos para o documento para um entendimento mais claro e exato.

3.2.1 Noções de Associação e Composição

A noção de associação e composição tem papel fundamental na compreensão da ontologia de Bunge. Segundo Magalhães (2010) para Bunge (1977, p.27) a noção de associação pode

ser formalizada pelo conceito algébrico de concatenação, o qual é elucidado na teoria dos semigrupos. Bunge (1977, p.27) explica que

“Um semigrupo é um conjunto S , juntamente com uma operação binária, interna e associativa \circ de concatenação. A operação é dita interna porque é definida em S (porque S é fechado sob \circ - a concatenação não se estabelece entre indivíduos externos a S). E a concatenação é associativa porque ela satisfaz a lei de associatividade: se $x, y, z \in S$, então $x \circ (y \circ z) = (x \circ y) \circ z$. De forma mais sucinta: a estrutura $\langle S, \circ \rangle$, onde S é um conjunto arbitrário não-vazio e \circ uma operação binária em S , é chamado semigrupo se, e somente se (i) S é fechado sob \circ , e (ii) \circ é associativa em S .”¹

Segundo Magalhães (2010) para construção de sua ontologia, Bunge introduz a noção de indivíduo nulo. Definido como o elemento neutro \square de S que uma vez acoplado a um membro arbitrário x de S , deixa x inalterado $x \circ \square = \square \circ x = x$. Esse elemento é então incluído na noção de semigrupo, formando uma nova estrutura, a de semigrupo com elemento neutro (ou monoide) designado por $\langle S, \circ, \square \rangle$. Apesar de ser totalmente conceitual, sem qualquer correspondente empírico, o elemento neutro tem importância na linguagem ontológica de Bunge para tornar possível escrever o princípio de que nada começa de \square , ou termina em \square (Bunge, 1977, p.28).

Dentro de seu modelo, Bunge coloca ainda alguns postulados e propriedades da relação de associação (Bunge, 1977, p.28-29), a saber:

- O conjunto de coisas individuais, quando destituídas de suas propriedades e interações (exceto aquela de composição) possui a estrutura monoide;
- A concatenação \circ é comutativa;
- A associação de um indivíduo com ele mesmo deixa o resultado inalterado (os elementos de S são equipotentes);
- O resultado da associação de dois indivíduos, desde que um deles não seja neutro, é não nulo (para todo x, y em S , se $x \neq \square$ ou $y \neq \square$, então $x \circ y \neq \square$). Esse é o princípio de conservação da substância).

¹ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.70-71)

3.2.2 Propriedades e Atributos

Segundo Magalhães (2010) a ciência tem, como parte de sua atividade, tentar encontrar e inter-relacionar propriedades das coisas, bem como identificar padrões de associação e mudanças das propriedades. Para Bunge (1977, p.57) a ontologia é a disciplina que busca tornar clara a noção de uma propriedade enquanto distinta de várias outras noções específicas de propriedade. Assim, os dois termos (propriedades e atributos) podem ser de grande valia para o correto desenvolvimento de teorias no âmbito da ciência. Para uma melhor compreensão dessas duas noções faz sentido, inicialmente, explorar as diferenças entre elas.

3.2.2.1 Diferença entre Propriedades e Atributos

Para objetos conceituais, ou formais, as suas propriedades são denominadas propriedades formais, ou atributos, ou simplesmente, predicados. Mas no caso de indivíduos substanciais, suas propriedades são chamadas de propriedades substanciais, ou simplesmente, propriedades (Magalhães, 2010). A diferenciação entre atributo e propriedade quando se refere a indivíduos substanciais se justifica pela razão de que é possível que existam propriedades nas coisas substanciais para as quais não se possua representação, tampouco aparato perceptual para senti-las. Pode-se simplesmente ignorar a elas. Por outro lado, atributos são aspectos que associamos a algum objeto, portanto, um conceito. E esses atributos podem estar mais ou menos próximo das propriedades que representam.

3.2.2.2 Correspondência Atributo-Propriedade

Para distinguir as propriedades e os atributos Bunge (1977, p 60.) formulou a relação de correspondência entre eles. A relação entre atributos e propriedades não é isomórfica porque muitos atributos podem não representar qualquer propriedade substancial (como no caso de ‘ser membro de um conjunto’, atributos negativos e atributos disjuntos), outros podem representar muitas propriedades, ou mesmo uma propriedade pode ser representada por muitos outros atributos ou predicados (Magalhães, 2010), Bunge (1977, p 60.) expressa essa ideia da seguinte forma:

"A relação entre propriedades e atributos pode ser interpretada como segue. Seja \mathbb{P} um conjunto de propriedades substanciais e \mathbb{A} um conjunto de atributos ou predicados. Então, a representação de propriedades por atributos é uma função $\rho: \mathbb{P} \rightarrow 2^{\mathbb{A}}$ que atribui a cada propriedade P em \mathbb{P} uma coleção $\rho(P) \in 2^{\mathbb{A}}$ de

atributos, tal que a fórmula $A \in \rho(P)$, para A em \mathbb{A} e P em \mathbb{P} , é interpretada como o atributo A representa P , ou $A \cong P$.”²

Outro ponto a ser destacado é o critério de verdade de um atributo. Propriedades não são falsas ou verdadeiras, uma vez que verdade ou falsidade está relacionada às representações e proposições. Sendo os atributos proposições, verdade e falsidade podem ser atribuídos a esses. A negação de um atributo $A \in \mathbb{A}$, para um indivíduo substancial $b \in \Theta$, tal que $A \forall P$, na forma $\neg Ab$ é verdade apenas se o indivíduo b não possuir a propriedade P . Ou seja, seja A : “tem carga elétrica” um atributo associado à correspondente propriedade P de ser eletricamente carregado, e b : “um nêutron”. A fórmula Ab equivale a “o nêutron tem carga elétrica”. A correspondente negação de Ab , $\neg Ab$, seria a negação do enunciado na forma “o nêutron não tem carga elétrica”. O que a operação de negação faz é simplesmente dizer que b não possui a propriedade P , e não que b possui a propriedade $\neg P$.

3.2.2.3 *Tipos de Propriedade*

Bunge (1977, p.64) propõe que as propriedades sejam classificadas nos seguintes grupos:

- Propriedades intrínsecas: a radioatividade de um átomo e a inteligência do homem como propriedades inerentes a esses indivíduos. São geralmente representadas por atributos monádicos;
- Propriedades mútuas ou relacionais: são propriedades de pares, ou outros grupos. São representadas por atributos n-ários;
- Propriedades primárias: são aquelas que são invariantes sob o ponto de vista subjetivo, ligadas à dimensão do sensível (exemplo: luminosidade, peso);
- Propriedades secundárias: são aquelas que são dependentes de um quadro referência e/ou do observador, ligadas à dimensão perceptiva (exemplo: cor, sensação de distância, altura do som, etc.).

3.2.2.4 *Postulados metodológicos sobre propriedades*

Abordadas as noções gerais sobre as propriedades, é importante destacar dois axiomas metodológicos postos por Bunge para formalizar suas ideias sobre propriedades.

² Tradução realizada por Magalhães (2010, p.73)

O primeiro axioma é:

Seja S um conjunto de indivíduos substanciais ou algum subconjunto deste e sejam T a Z conjuntos arbitrários não-vazios, iguais ou diferentes de S . Então

(i) qualquer propriedade substancial é representável como um predicado (ou função proposicional) na forma $A: S \times T \times \dots \times Z \rightarrow$ Proposições incluindo A ;

(ii) qualquer propriedade substancial, ou propriedade de um indivíduo substancial particular $s \in S$ é representável como o valor de um atributo em s , por exemplo $A(s, t, \dots, z)$, onde $s \in S, t \in T, z \in Z$. (Bunge, 1977, p.63).³

O segundo axioma formaliza os tipos de propriedades e está transcrito abaixo:

Seja $\{S_i \subseteq S | 1 \leq i \leq n\}$ uma família de conjuntos não vazios de indivíduos substanciais (excluído o indivíduo nulo). Ainda, seja T a Z conjuntos arbitrários não vazios [unidades, por exemplo], iguais ou não a qualquer um dos S_i , Finalmente seja \mathbb{R} um conjunto de números ou de conjuntos de números [a exemplo do conjunto potência da reta real] e p o número natural. Então:

(i) toda propriedade intrínseca qualitativa (qualidade) de S_i é representável por atributos na forma $A: S \times T \times \dots \times Z \rightarrow$ Proposições contendo A ;

(ii) toda proposição mútua qualitativa de S_i , para $1 \leq i \leq m \leq n$ é representável por atributos na forma $A: S_1 \times S_2 \times \dots \times S_m \times T \times \dots \times Z \rightarrow$ Proposições contendo A ;

(iii) toda propriedade fenomênica qualitativa (secundaria) é uma propriedade mútua qualitativa representável por predicados do tipo

³ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.74)

(ii) nos quais $T =$ um conjunto de organismos sensíveis;

(iv) toda propriedade intrínseca quantitativa de S_i é representável por atributos (magnitudes, quantidades, variáveis) do tipo (i) nos quais $Z = \mathbb{R}^p$;

(v) toda propriedade mútua quantitativa de S_i , para $1 \leq i \leq m \leq n$, é representável por atributos (magnitudes, quantidades, variáveis) do tipo (ii) nos quais $Z = \mathbb{R}^p$;

(vi) toda propriedade fenomênica quantitativa (secundária) é uma propriedade mútua quantitativa representável por predicados do tipo (v) com $T =$ conjunto de seres sensíveis;

(vii) toda propriedade de um indivíduo (ou propriedades individuais) ${}^i b$ do tipo S_i é representável pelo valor do atributo correspondente em ${}^i b$, e cada propriedade de um agregado de m indivíduos, onde ${}^i b \in S_i$ é representável pelo valor do n -ário atributo em $\langle {}^1 b, {}^2 b, \dots, {}^m b \rangle$ (Bunge, 1977, p.68).⁴

Segundo Magalhães (2010) essa classificação pode ser contestada sob o argumento de que as propriedades podem ser representadas por atributos dicotômicos (tipo falso - verdadeiro, presente - ausente). No entanto, como o próprio Bunge observa, ela tem um uso importante, a exemplo da distinção entre atributos do tipo “é casado” e “tem 25 anos”: enquanto o primeiro não admite gradações, o segundo sim, pois os valores que o atributo da idade pode assumir variam num intervalo. Por outro lado, não se pode estar “mais ou menos” casado.

Os atributos podem ser de grande complexidade (aridade) se se desejar descrevê-los no máximo rigor segundo os axiomas apresentados (Magalhães, 2010). Isso é particularmente perceptível no caso dos atributos de propriedades mútuas ou relacionais. Por fim, depois da revisão realizada sobre os principais conceitos da Ontologia de Mario Bunge, a seguinte seção apresentara a Teoria dos Sistemas elaborada pelo mesmo autor.

⁴ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.75-76)

3.3 A TEORIA DOS SISTEMAS DE MARIO BUNGE

Nesta seção será apresentada a teoria dos sistemas de Bunge abordando os seus trabalhos desenvolvidos nas suas obras de 1977, 1979 e 2003.

Conceito e Definição Geral de Sistema

No trabalho de Bunge (1979, p.4) o autor admite apenas a existência de dois tipos de sistemas (no que diz a respeito à natureza de seus componentes): concretos e conceituais. Ele afirma o seguinte (Bunge apud Magalhães, 2010):

“Esses são os únicos reinos que reconhecemos: conceitual e concreto (material). Não temos serventia para sistemas mistos tal como a teoria do “Mundo 3” de Popper, que alega ser composto por objetos conceituais, tais como teorias, e por objetos materiais, tais como livros(...)”⁶

E explica

“Não temos serventia pois, para se falar sobre associação ou combinação de dois itens, nós precisamos especificar o vínculo ou operação de associação. E, enquanto as teorias matemáticas especificam a forma como itens conceituais combinam, e teorias ontológicas e científicas cuidam da combinação de itens concretos (materiais), nenhuma teoria conhecida específica a forma pela qual itens conceituais poderiam combinar com itens concretos – e nenhuma experiência sugere que esses híbridos existam.”⁷

Bunge (1979, 2003) propõe a definição do sistema como um objeto estruturado. Afirma que qualquer sistema tem composição definida, ambiente definido e estrutura definida. No trabalho de Bunge (2003), o autor apresenta um modelo evoluído/aprimorado de suas pesquisas anteriores para a definição de sistema, chamado de modelo CESM (*Composition, Environment, Structure, Mechanism*). Esse modelo afirma que qualquer sistema pode ser modelado, em qualquer instante, como uma quadruple relação:

$$\mu(\sigma, t) = \langle C(\sigma, t), E(\sigma, t), S(\sigma, t), M(\sigma, t) \rangle \quad (13)$$

⁶ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.78)

⁷ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.78)

Onde:

$C(\sigma, t)$ = Composição: conjunto dos componentes do sistema ();

$E(\sigma, t)$ = Ambiente: conjunto de itens com os quais o sistema (s) está conectado;

$S(\sigma, t)$ = Estrutura: conjunto de relações entre seus componentes, bem como entre estes e os elementos do ambiente;

$M(\sigma, t)$ = Mecanismo: conjunto de processos no sistema (s) que tornam ele se comportar da maneira que ele faz.

Exemplo: Uma empresa, onde $C(\sigma, t)$ = pessoas que trabalham na empresa; $E(\sigma, t)$ = pessoas (clientes), recursos naturais; $S(\sigma, t)$ = as relações de trabalho entre os membros da empresa, e entre eles e o Ambiente; $M(\sigma, t)$ = as atividades que realizam a produção especificamente daquele tipo de empresa.

Segundo o autor, para se obter a definição adequada, as noções de composição (C), ambiente (E), e estrutura (S) precisam ser formalizadas. Essas formalizações, conforme propostas por Bunge, são apresentadas a seguir, especificamente para os sistemas concretos.

3.3.1 Definição de Sistema Concreto por Bunge

Segundo Magalhães (2010) para compreender a definição de sistema dada Bunge, é necessário ter as definições de A-composição, A-ambiente e A-estrutura – esclarecendo que o ‘A’ corresponde ao vocábulo ‘atômico’. A notação do texto original de Bunge será utilizada neste texto. Considerando o anterior comentário será feito uma mudança nos seguintes símbolos: $C(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{C}(\sigma, t)$; $E(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{E}(\sigma, t)$; $S(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{S}(\sigma, t)$; $M(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{M}(\sigma, t)$

A composição de um sistema não é apenas uma coleção de suas partes, mas o conjunto de seus “átomos”. E define, simbolicamente, a composição absoluta e a A-composição da seguinte forma (Bunge, 1979, p.5-6):

Seja $A \subseteq \Theta$ uma classe de coisas e x uma coisa qualquer (ex. $x \in \Theta$). A composição (absoluta) de x é o conjunto de suas partes:

$$\mathcal{C}(x) = \{x \in \Theta \mid y \sqsubset x\} \quad (14)$$

Onde:

$\mathcal{C}(x)$: Composição absoluta de x

$y \sqsubset x$: designa “y é parte de x”

E a A-composição de x é o conjunto de suas A-partes (coisas do tipo ‘A’):

$$\mathcal{C}_A(x) = \mathcal{C}(x) \cap A = \{y \in A \mid y \sqsubset x\} \quad (15)$$

Onde:

$\mathcal{C}_A(x)$: A-composição de x

Para avançar na compreensão de sistema, Bunge (1979, p.6) introduz o conceito de ligação, conexão ou acoplamento entre componentes de uma coisa. Segundo Magalhães (2010), esse conceito – de conexão – para Bunge é distinto de relações como “ser mais velho”, “estar ao lado” etc. Duas coisas estão conectadas quando pelo menos uma delas age sobre a outra. E, se uma coisa age sobre a outra, ela modifica a linha de comportamento, trajetória ou história da última.

A relação de ação é simbolizada da seguinte forma: se uma coisa a age sobre uma coisa b escreve-se que ‘ $a \triangleright b$ ’.

A noção de A-ambiente de uma coisa x com uma A-composição $\mathcal{C}_A(x)$ é definida como o conjunto de todas as coisas, que não estão contidas em $\mathcal{C}_A(x)$, que agem sobre, ou recebem a ação de $\mathcal{C}_A(x)$. Na linguagem formal adotada por Bunge, escreve-se:

$$\mathcal{E}_A(x) = \{y \in \Theta \mid \neg(y \in \mathcal{C}_A(x)) \ \& \ (\exists z)(z \sqsubset x \ \& \ (y \triangleright z \vee z \triangleright y))\} \quad (16)$$

Onde:

$\mathcal{E}_A(x)$: A-Ambiente de x

$\mathcal{C}_A(x)$: A-Composição de x

O seguinte elemento a ser analisado é a estrutura. Ela é o conjunto de todas as relações entre os componentes de uma coisa bem como as relações entre estas e as coisas no ambiente. A formalização da definição de estrutura, para um sistema concreto, é apresentada no próximo item.

3.3.2 Formalização das Características de Sistema Concreto por Bunge

Um objeto é um sistema concreto se, e somente se, for composto por pelo menos duas coisas diferentes e conectadas (Bunge, 1979, p.6)

Proposto por Bunge (1979, p.7; 2003), as características de um sistema, cujas noções foram adiantadas no subitem anterior são:

Seja $\sigma \in \Sigma$ um sistema concreto e $A \subset \Theta$ uma classe de coisas. A A-composição de σ no tempo t é o conjunto de todas suas A-partes em t . Na linguagem formal de Bunge escreve-se:

$$\mathcal{C}_A(\sigma, t) = \{x \in A \mid x \sqsubset \sigma\} \quad (17)$$

O A-ambiente de σ no tempo t é o conjunto de todas as coisas do tipo A. que não são componentes de σ , mas que agem ou sofrem a ação de componentes de σ no tempo t . Em termos formais da linguagem utilizada por Bunge, escreve-se como segue:

$$\mathcal{E}_A(\sigma, t) = \{x \in A \mid x \notin \mathcal{C}_A(\sigma, t) \& (\exists y)(y \in \mathcal{C}_A(\sigma, t) \& (x \triangleright y \vee y \triangleright x))\} \quad (18)$$

O A-estrutura de σ no tempo t é o conjunto de relações, em particular conexões, entre os componentes de σ , e entre estes e as coisas no A-ambiente de σ no tempo t . Em termos formais da linguagem utilizadas por Bunge, escreve-se da seguinte forma:

$$\mathcal{S}_A(\sigma, t) = \{R_i \in \mathbb{B}_A(\sigma, t) \cup \overline{\mathbb{B}_A(\sigma, t)} \mid \mathbb{B}_A(\sigma, t) \neq \emptyset \& 1 \leq i \leq n\} \quad (19)$$

Onde:

$\mathbb{B}_A(\sigma, t)$: conjunto de conexões

$\overline{\mathbb{B}_A(\sigma, t)}$: conjunto de relações que não são de conexão

R_i : uma relação qualquer

3.3.2.1 O Mecanismo

Segundo Bunge (2003, 2004) mecanismo é um conjunto de processos ou um processo num sistema concreto que torna ele o que é. O mecanismo responde à pergunta: Como é que isso funciona? (*How Does it work?*). Segundo Bunge (2003, 2004) não existe uma formalização geral do mecanismo, já que ele será específico para cada sistema como os demais elementos

(composição, ambiente, estrutura). Uma nota importante de Bunge (2004) é que pode existir mecanismos paralelos ou concorrentes em sistemas complexos. A causa disso muitos mecanismos podem operar em paralelo num ou no mesmo sistema. Assim, é conveniente diferenciar entre mecanismos essenciais e não essenciais.

Para isso Bunge (2004) propõe a seguinte definição de mecanismo essencial: “Um mecanismo essencial de um sistema é sua função ou atividade peculiar”. Em outras palavras, entende-se mecanismo essencial como uma função específica de um sistema. Bunge (2004) também realizou as seguintes estipulações baseado no conceito de função específica:

“Definição 1: se σ denota um sistema do tipo Σ , então (1) o total de processos (ou funções) em σ durante o período T é $\pi(\sigma)$ = a sequência ordenada de estados de σ durante o período T ; (2) o mecanismo essencial (ou função específica) de σ durante o período T , isso é, $M(\sigma) = \pi_s(\sigma) \subseteq \pi(\sigma)$, é o total de processos que acontecem exclusivamente em σ e que são co-específicos durante T .

Definição 2: um mecanismo social é um mecanismo do sistema social ou parte dele.”⁸

Uma nota importante de Bunge (2004), considera o destaque da diferença entre mecanismo-função, toda vez que uma função específica pode ser realizada por diferentes mecanismos. É importante manter os dois conceitos separados quando se estuda sua relação. A relação função – mecanismo pode ser de um – a – muitos. Outra razão sobre essa diferença é que as funções podem ser ambivalentes. Um exemplo disso pode ser nas funções sociais onde algumas podem ser manifestas ou latentes. Além disso, os mecanismos sociais geralmente apresentam disfunções como funções. E principalmente não existe um mecanismo universal, todos os mecanismos são dependentes das especificações do sistema.

Bunge (2004) também faz uma classificação em dois tipos de mecanismos: mecanismos causais, mecanismos estocásticos. Os mecanismos causais (ou determinísticos no sentido mais simples) são regidos pelas leis causais, mas, nos fatos muitos mecanismos causais emergem de processos aleatórios em níveis mais baixos. Existem mais processos estocásticos (aleatórios), mas todos esses processos estocásticos tem um componente causal, e alguns, deles resultam de processos causais em diferentes níveis.

⁸ Tradução realizada do texto original de Bunge (2004, p.193)

Finalizando o entendimento do Mecanismo na teoria dos sistemas de Bunge, é importante que os mecanismos apresentem relação com as leis declaradas. Mecanismos sem leis concebíveis são chamados de milagres. Existe uma relação entre os mecanismos e as leis. Essa relação não é estritamente de um – a – um, lei – mecanismo pode ser um – a muitos. Assim, as hipóteses de mecanismo não são alternativas as leis científicas, mas são componentes de leis científicas profundas. Qualquer mecanismo não suportado por alguma lei (s) deve ser considerado como *ad hoc* e, portanto, temporário.

3.3.3 Estrutura Interna, Externa e Espacial (Configuração)

Magalhães (2010) explica que na abordagem de sistemas o refinamento da ideia de estrutura mostra-se interessante distinguir estrutura interna de externa, bem como de estrutura espacial, ou configuração. Bunge (1979, p.10) fornece uma definição para esses elementos. Ele entende que estrutura interna é um subconjunto da estrutura total formada pelas relações entre os componentes do sistema. Por conseguinte, a estrutura externa é o complemento da estrutura interna em relação a estrutura total. Apesar de Bunge não ter escrito ele mesmo, em linguagem formal – adotando notações de Bunge (1979), Gomes (s.d.) e Mortari (2001) – pode se dizer,

$$S_I(\sigma, t) = \{R^2xy \in \mathcal{S}_A(\sigma, t) \mid x \in \mathcal{C}_A(\sigma, t) \wedge y \in \mathcal{C}_A(\sigma, t) \wedge x \neq y\} \quad (20)$$

$$S_E(\sigma, t) = (\mathcal{S}_A(\sigma, t) - S_I(\sigma, t)) \quad (21)$$

Onde:

$S_I(\sigma, t)$: estrutura interna do sistema

$S_E(\sigma, t)$: estrutura externa do sistema

R^2xy : uma relação binária de x com y

$\mathcal{C}_A(\sigma, t)$: A-composição do sistema σ em t

Segundo Magalhães (2010) além da estrutura interna e externa, existe uma outra noção, a de configuração (ou estrutura espacial) que também tem tido importância no estudo dos transportes.

Inicialmente, há de se distinguir a noção de configuração da de forma (no inglês *shape*), uma vez que, segundo Bunge (1979, p.10-11), no que diz respeito a sistemas, alguns são desprovidos de forma mais providos de configuração ou estrutura espacial. Ainda segundo Bunge (1979, p.11), todo sistema é provido de estrutura e configuração.

“Seja σ um sistema concreto com uma A-estrutura $\mathcal{S}(\sigma, t)$ no tempo t . Então

(i) a A-Estrutura interna de σ no tempo t é um subconjunto de $\mathcal{S}(\sigma, t)$ composto pelas relações entre as A-partes de σ em t ;

(ii) a configuração (ou estrutura espacial) de σ em t é o subconjunto de $\mathcal{S}(\sigma, t)$ composto de relações espaciais entre as A-partes de σ em t .”⁹

Segundo a definição apresentada, observa-se que a estrutura interna e a configuração são subconjuntos da estrutura do sistema.

3.3.4 Subsistemas

A definição de Bunge (1979, p.11) para subsistema está formalizada como segue:

“Seja σ um sistema de composição $\mathcal{C}(\sigma, t)$, ambiente $\mathcal{E}(\sigma, t)$ e estrutura $\mathcal{S}(\sigma, t)$ no tempo t . Então uma coisa x é um subsistema de σ no tempo t , ou $x \prec \sigma$, se, e somente se,

(i) x é um sistema no tempo t ; e,

(ii) $\mathcal{C}(x, t) \subseteq \mathcal{C}(\sigma, t) \ \& \ \mathcal{E}(x, t) \subseteq \mathcal{E}(\sigma, t) \ \& \ \mathcal{S}(x, t) \subseteq \mathcal{S}(\sigma, t)$.

Por definição, a relação de subsistema \prec é uma relação de ordem, (é reflexiva, assimétrica, e transitiva. Então, particularmente, se $\sigma_1 \prec \sigma_2$ e $\sigma_2 \prec \sigma_3$, então $\sigma_1 \prec \sigma_3$.”¹⁰

Segundo Magalhães (2010) em relação ao subsistema, a noção de nível tem lugar fundamental. Os termos ‘nível’ e ‘hierarquia’ tem sido usado de diversas formas, e muitas vezes não são definidos. A ideia de nível, explicada de forma intuitiva, diz que: as coisas de um dado nível são compostas por coisas que pertencem a níveis precedentes (Bunge, 1979, p.13)

⁹ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.85)

¹⁰ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.86)

Escrita de forma mais precisa, a definição de nível é apresentada por Bunge (1979, p.13) como segue:

“Seja $L = \{L_i \mid 1 \leq i \leq n\}$ uma família de n conjuntos não vazios de coisas concretas. Então

(i) Um nível precede outro se, e somente se, todas as coisas no último são compostas por coisas (no todo ou em parte) do primeiro. Por exemplo, para qualquer L_i e L_j em L ,

$$L_i \leq L_j =_{df} (\forall x)[x \in L_j \Rightarrow (\exists y)(y \in L_i \ \& \ y \in \mathcal{C}(x))]$$

(ii) Uma coisa pertence a determinado nível se, e somente se, ela for composta por coisas (de algum ou todos) de níveis anteriores. Por exemplo, para qualquer $L_i \in L$, e para qualquer x em L_i :

$$x \in L_i =_{df} \mathcal{C}(x) \subset \bigcup_{k=1}^{i-1} L_k ;$$

(iii) $\mathcal{L} = \langle L, < \rangle$, é uma estrutura de nível.”¹¹

Segundo Magalhães (2010) existem os seguintes pontos observados por Bunge. Primeiro, que o nível não é uma coisa, e sim um conjunto, portanto, um conceito. Sendo conceito, um nível não pode agir sobre outro, não pode nem comandar nem obedecer. Falar em interferência de um nível sobre outro, ou de ação de um nível sobre outro tem apenas sentido metafórico. O segundo ponto é que a relação entre níveis não é a de parte-todo, tampouco a de inclusão. A relação é sui generis e definida nos termos da primeira. O terceiro ponto observado é que a noção de precedência entre níveis, caso se mantenha fiel à definição apresentada, não é obscura ou confusa (assim, não é coerente falar em “os níveis L_i são inferiores a L_j ”). Quarto, não é correto chamar a estrutura de nível como “hierarquia”. Por fim, o conceito de nível é estático e não assume nada sobre a origem, modos de composição de sistemas em termos de evolução.

¹¹ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.86)

3.3.5 Montagem e Emergência

Montagem e Emergência são duas noções interessantes que enriquecem a teoria de Bunge as quais podem contribuir na área de pesquisa em Transporte com possibilidades teoricamente bastante fecundas.

Segundo Magalhães (2010) qualquer processo no qual um sistema é originado a partir de seus componentes é chamado de “montagem”. Esse processo pode ser espontâneo ou induzido, ou, ainda, acontecer em um ou mais estágios. O processo de montagem pode ser também natural ou artificial (e esse último pode ser dividido em experimental ou industrial).

Sobre a montagem, Bunge (1979, p.27) define

“Seja x uma coisa concreta composta, inicialmente, por partes não ligadas (possivelmente sistemas) – isto é $\mathbb{B}(x, t) = \emptyset$. Então

(i) x se transforma em y no tempo $t' > t$ se, e somente se, y é um sistema com a mesma composição que x mas com um conjunto não vazio de ligações, isto é $\mathcal{C}(y, t') = \mathcal{C}(x, t) \ \& \ \mathbb{B}(y, t') \neq \emptyset$

(ii) o processo de montagem é dito de automontagem se, e somente se, o agregado x se torna por si próprio [isto é, naturalmente ao invés de artificialmente] o sistema y ;

(iii) o processo de automontagem é dito de auto-organização se, e somente se, o sistema resultante for composto de subsistemas que não existiam antes do início do processo.”¹²

Diante dessa passagem tem-se a formalização do conceito de montagem dentro da teoria de Bunge (Magalhães, 2010), bem como a definição do processo de automontagem e auto-organização. Os processos artificiais de montagem são guiados/provocados pelo homem. Segundo Magalhães (2010) cabe observar que existem diferentes níveis de controle sobre esse processo, assim como a montagem de uma máquina é um processo bem mais controlado do que a formação de uma molécula. Os processos de automontagem e auto-organização, apesar de serem muito comuns na natureza, são também possíveis de ocorrer no nível social (formação de famílias, comunidades, organizações sociais).

¹² Tradução realizada por Magalhães (2010, p.87-88)

A noção de emergência dentro da teoria de sistemas é introduzida através do seguinte postulado de Bunge (1979, p.28): “todos os sistemas, exceto o universo, se originam por montagem”.

“Seja x uma coisa e $t \in T$ um instante no tempo, e introduza uma função p que atribui o par ordenado $\langle x, t \rangle$ o conjunto $P(x, t)$ de todas as propriedades de x em t . Assim, p é uma função $p : \Theta \times T \rightarrow 2^P$, na qual Θ é um conjunto de todas as coisas, T é o conjunto de todos os instantes, e 2^P é uma família de subconjuntos do conjunto P de todas as propriedades gerais das coisas. Uma mudança na coisa x pode ser vista como uma certa mudança de estado de x . Já que x não é substituído durante a mudança de estado, podemos utilizar uma função mais simples $p_x : T \rightarrow 2^P \mid p_x(t) = p(x, t)$. Em suma, $p_x(t)$ é uma coleção de propriedades da coisa x no tempo $t(\dots)$

Agora, sejam t e t' dois instantes distintos, tal que t precede t' . Os valores correspondentes de p_x são, obviamente, $p_x(t)$ e $p_x(t')$. Se esses dois conjuntos de propriedades forem idênticos, então a coisa não mudou qualitativamente. Se forem não idênticos, então a coisa ganhou ou perdeu algumas propriedades. Nesse caso, as novas propriedades ganhas são ditas emergentes para essa coisa, mesmo que elas possam ser possuídas também por outras coisas.”¹³

E define (Bunge, 1979, p.30)

“Seja x uma coisa com propriedades $p_x(t)$ no tempo t , e propriedades $p_x(t')$ em $t' > t$. Então

(i) a novidade qualitativa total ocorrendo em x durante o intervalo $[t, t']$ é a diferença simétrica $n_x(t, t') = p(x, t) \Delta \bigcup_{t < \tau < t'} p_x(\tau)$;

(ii) as propriedades emergentes que aparecem em x durante o intervalo $[t, t']$ são aquelas em $e_x(t, t') = \bigcup_{t < \tau < t'} p_x(\tau) - p_x(t)$ ”¹⁴

¹³ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.88-89)

¹⁴ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.89)

Bunge postula que todo processo de montagem é acompanhado pela emergência de algumas propriedades e a perda de outras (Magalhães, 2010). Um sistema não possui algumas propriedades de seus precursores, mas, por outro lado, possui algumas propriedades novas. Esclarecendo os conceitos pode-se indicar que os precursores de um sistema são os componentes de um sistema automontado. Um sistema não surge do nada, mas emerge de coisas pré-existentes (seus precursores).

3.4 O SISTEMA SOCIAL DE BUNGE (SOCIEDADE HUMANA)

Neste item será abordado o conceito de sistema social de Bunge para efeitos deste trabalho. A razão é que, é necessário revisar esses conceitos para compreensão do modelo ontológico e a definição de sistema de transporte postulado por Magalhães (2010).

O principal postulado que visa a ideia de sociedade humana explicitado por Bunge (1979, p.186) é o seguinte:

“Nós assumimos a (...) visão de que uma sociedade humana é uma sociedade animal com muitas e distintivas novas propriedades (...). Nós assumimos que os homens não são nem animais à mercê de sua constituição genética e de seu ambiente, nem um ente espiritual livre semelhante a uma divindade: ao invés disso, o homem é um primata que trabalha e luta pelo saber, que constrói, mantém e transforma organizações sociais muito além do impulso genético ou do ambiente, e que cria culturas artísticas, tecnológicas e intelectuais, e que também joga (ou brinca). O Homem é *faber e sapiens, economicus e politicus, artifex e ludens.*”¹⁵

Essa visão do humano é fundamental não apenas para compreender a teoria de Bunge sobre os sistemas sociais (Sociedade Humana e outros sociossistemas) mas também para poder criticar as decisões e encaminhamentos teóricos a ser desenvolvidos neste trabalho.

Segundo Bunge (1979, p.188), para compreender um sistema humano (uma sociedade humana) existem cinco caracteres da natureza humana que devem ser referenciados: o biológico, psicológico, econômico, cultural e político (Figura 3.1). Nas palavras de Bunge

“A própria existência de uma sociedade humana – de sua economia, cultura e política - tem raízes biológicas que não podem ser cortadas, e restrições psicológicas que não podem facilmente ser alteradas. Não há como filosofar num estômago vazio e, de como certo ponto de vista, não há como subsistir sem pensar cooperar e organizar. ”

¹⁵ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.93)

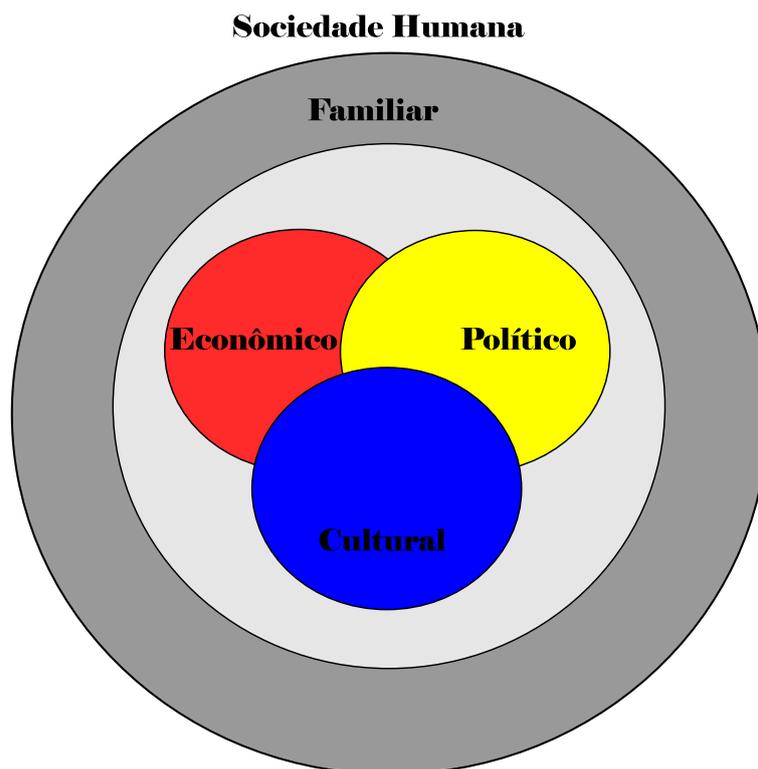


Figura 3.1 Esquema dos principais subsistemas de uma sociedade humana (Bunge, 1979, p.203)

A seguir serão apresentadas uma série de características que podem ser especificadas para um sistema social.

3.4.1 Características de um sistema social (Sociedade Humana)

De acordo com Bunge (1979. P.188; 2003) e Magalhães (2010), as principais características de uma sociedade humana são:

- Alguns membros de toda a sociedade humana realizam *trabalho* (se engajam na deliberada transformação de parte de seu ambiente (*homo faber*));
- Os trabalhadores utilizam *ferramentas* feitas sob determinados padrões e trabalham com elas seguindo regras ou *técnicas* que eles próprios inventaram, melhoraram ou aprenderam;
- Alguns membros de qualquer sociedade humana gerenciam (dirigem ou controlam, ou contribuem tanto para a direção quanto controle) atividades de outros membros; eles organizam ainda trabalho ou jogos, atividades de aprendizado e batalha;

- Alguns membros de qualquer comunidade humana se engajam (mesmo que não exclusivamente) em atividades culturais – pinturas, contos, desenvolvimento de ferramentas, cura, ensino, produção de conhecimento, etc. (*homo culturifex*);
- Todos os membros de qualquer sociedade humana dedicam algum tempo à diversão (*homo ludens*);
- Todos os membros de qualquer sociedade humana se comunicam com outros membros (embora não todos) da mesma sociedade, ou de outras, por meio de símbolos padronizados, em particular uma língua;
- Todos os membros de qualquer sociedade humana compartilham informação, serviços ou produtos com alguns outros membros da mesma sociedade;
- Todos os membros de qualquer sociedade humana aprendem atitudes, habilidades e informações não apenas de seu país, mas também de outros membros de sua comunidade (por imitação ou por ensino formal);
- Qualquer sociedade humana é dividida em grupos sociais, tais como famílias e associações profissionais;
- Qualquer sociedade humana perdura enquanto todo membro participar, em alguma extensão, em diversas atividades sociais e percebe os benefícios de tal participação.

Segundo Magalhães a sociedade humana é a única sociedade animal que possui todas essas propriedades conjuntamente.

Listadas as propriedades mais gerais de uma sociedade humana, Bunge (1979, p.189-190) as define com base nos termos da sua ontologia, como segue:

“Um sistema concreto σ é uma sociedade humana (ou comunidade) se, e somente se, σ é uma sociedade animal tal que

(i) a composição $\mathcal{C}(\sigma)$ de σ inclui um conjunto de seres humanos e artefatos (...);

(ii) o ambiente $\mathcal{E}(\sigma)$ de σ contém alguns itens necessários à sobrevivência de alguns dos componentes de σ ;

(iii) a estrutura $\mathcal{S}(\sigma)$ de σ equivale à união disjunta de dois conjuntos de relações, S e T – chamados de relações sociais e relações de transformação, respectivamente - tal que

- (a) S inclui a relação de descendência biológica e todas as outras relações (de familiaridade) derivadas dela;
- (b) todo membro do conjunto S de relações sociais é acompanhado por comunicação (fluxo de informação);
- (c) S inclui relações de partilha (de bens e serviços) e de participação (em atividades sociais);
- (d) S inclui um conjunto não vazio $M \subset S$, chamado gestão, tal que cada membro de M é uma relação em algum produto cartesiano de $\mathcal{E}(\sigma)$ e representa algumas ações habituais de membros de σ sobre outros membros, consistindo em controlar certas relações em S (por exemplo, corte e aprendizado) ou em T(exemplo: caçar e arar);
- (e) o conjunto T de relações de transformação inclui um conjunto não vazio $W \subset T$, chamado trabalho, tal que cada elemento de W é uma relação de um subconjunto de $(\mathcal{E}(\sigma))^p \times (\mathcal{E}(\sigma))^q$, com $p, q \geq 1$, sobre um subconjunto próprio não vazio A de $\mathcal{E}(\sigma)$, representando a transformação habitual, por alguns membros de σ , de certas coisas em $\mathcal{E}(\sigma)$ para coisas em A (exemplo ferramentas de ferro) chamadas de artefatos;
- (iv) as relações sociais S e as relações de transformação T geram relações de equivalência induzindo partições de σ em grupos sociais (diferenciação social);
- (v) σ é autossustentada enquanto ela durar, ou seja, é capaz de satisfazer todas as suas necessidades pelo trabalho.”¹⁶

Para Magalhães (2010) não qualquer grupo de seres humanos ou sociossistema pode constituir uma sociedade humana. Para isso o grupo de humanos precisa compartilhar o mesmo ambiente, transforma-lo deliberadamente, desenvolver relações sociais e comunicação entre seus membros, estar dividido em grupos sociais e constituir uma unidade auto dependente (ou suficiente).

A seguir será explorado a noção de Sistema que permitirá uma maior compreensão ao modelo ontológico proposto por Magalhães (2010).

¹⁶ Tradução realizada por Magalhães (2010, p.95-96)

3.4.2 Sistema

A noção de tecnossistema abrange um aspecto central de um tipo de sistema: o uso de artefatos e a produção (outputs) direcionada a membros de uma sociedade. Segundo Magalhães (2010) se é considerado a noção intuitiva de sistema de transporte, na qual a figura dos veículos surge de forma marcante à mente, a ideia de Sistema parece próxima de essa noção. A definição para Sistema oferecida por Bunge (1979, p.202) é a seguinte:

“Um sistema τ é um Sistema se, e somente se,

(i) a composição de τ inclui seres racionais e artefatos;

(ii) o ambiente de τ inclui componentes de uma sociedade;

(iii) a estrutura de τ inclui produção, manutenção ou uso de artefatos.”¹⁷

Com base a definição apresentada, pode-se dizer que um Sistema seja um subsistema de uma sociedade humana, mas não o inverso (Magalhães, 2010).

3.5 UMA REFLEXÃO DO TRANSPORTE ENQUANTO FENÔMENO HUMANO

Neste item será apresentado o Modelo ontológico do Transporte de Magalhães (2010) o qual conceitua transporte como um fenômeno humano intencional e a definição de Sistema de Transporte em função da ontologia da Teoria dos Sistemas de Mario Bunge.

3.5.1 Definição de Sistema de Transporte segundo a ontologia de Mario Bunge

Magalhães (2010) apresenta o modelo de “Caixa Preta” do sistema de transporte (Figura 3.2). O sistema de transporte no modelo da “Caixa Preta” é entendido como um tecnossistema, cujos inputs são pessoas coisas a transportar, energia, artefatos além de ações oriundas dos sistemas econômico, político, cultural e familiar. Os outputs são coisas transportadas e lixo (definido por Magalhães (2010) como coisas residuais não propositalmente produzidas pelas atividades do sistema). Nesse tipo de sistemas os artefatos e a tecnologia têm especial atenção, ou relevância.

¹⁷ Tradução realizada por Magalhães (2010, p. 99)

Considerando o modelo mínimo de sistemas (composição, ambiente, estrutura) pode-se indicar que a composição do sistema de transporte inclui pessoas e artefatos. Os artefatos, caso existam, podem ser categorizados ao menos nos seguintes tipos: (i) veículos, (ii) vias, (iii) edificações e (iv) equipamentos. O sistema de Transporte também pode ser considerado como um subsistema de uma sociedade humana o qual pode possuir componentes compartilhados com os demais sistemas. Como foi proposto por Bunge (1979) todo membro de uma sociedade faz parte de pelo menos um dos sistemas referidos (econômico, político ou cultural).

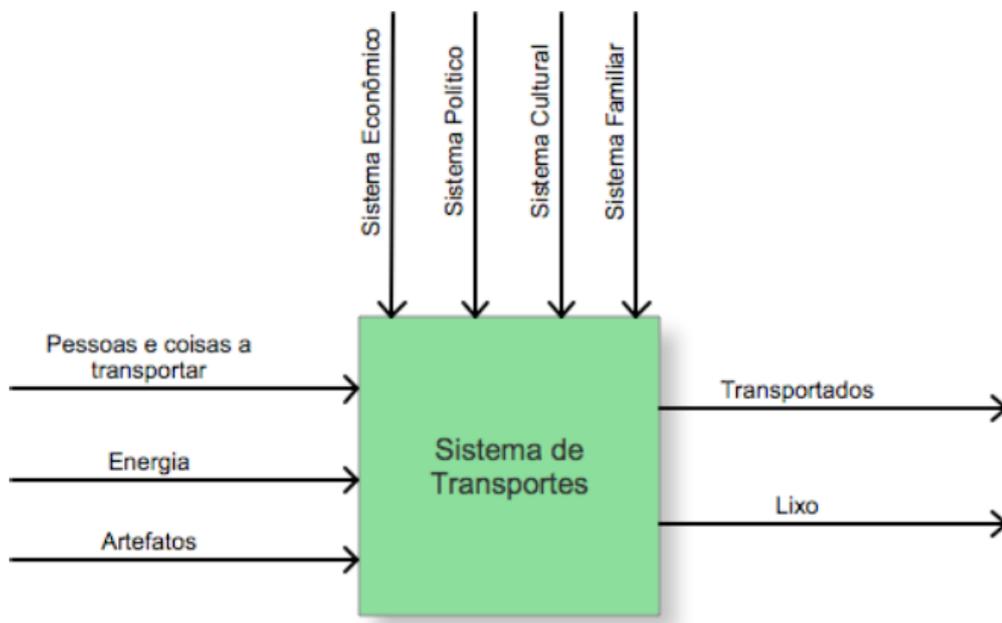


Figura 3.2 Modelo "Caixa preta" do Sistema de Transporte. Fonte: Magalhães (2010)

No modelo da "Caixa preta" é proposto de uma forma interessante a ação dos outros subsistemas que influenciam o sistema de transporte. Essas interações permitem observar a multidimensionalidade que existe no transporte. Para melhor compreender esse aspecto, Magalhães (2010, p. 136) faz a seguinte digressão sobre o tema:

“O sistema de transporte – assim como o sistema de telecomunicações, de energia, de defesa etc. – são sistemas infraestruturas. Isso quer dizer que é sobre eles que os demais sistemas (econômico, político e cultural), superestrutura, podem se desenvolver. Em termos comuns, a finalidade do sistema de transporte é satisfação de uma necessidade social (individual ou coletiva) que necessita do deslocamento de algo (pessoa ou artefato), e essa necessidade não se origina no próprio sistema de transporte, mas em outro sistema externo a ele. Por exemplo, a necessidade de deslocamento de pessoas entre sua residência e unidades de educação não surge

no sistema de transporte, mas sim num sistema educacional ou mesmo em outros sistemas (familiar, econômico etc.).”

Uma aplicação do modelo de sistemas de Bunge feita por Magalhães (2010) foi feita para o transporte escolar rural. O Quadro 3.1 apresenta a síntese desse modelo.

Quadro 3.1 Quadro-Síntese do Modelo Mínimo de Sistemas de Transporte Escolar Rural.

Composição		Ambiente	Estrutura
Pessoas	Artefatos		
Motorista Mecânico Secretário de Transportes Monitor Gestor de Frota Fabricante Normalizador Operador do Serviço Secretário de obras ou similar Projetista Planejador do serviço	Veículo Vias Edificações (Garagem)	Estudante Professor Diretor Secretário de Educação Combustível Financiador Caronas Peças Prefeito Produtor de Peças Unidades de ensino Fatores Naturais PNEs	Relações Sociais Trabalho <ul style="list-style-type: none"> • Uso • Produção • Reparo Cultura <ul style="list-style-type: none"> • Concepção • Pesquisa Gestão <ul style="list-style-type: none"> • Controle • Supervisão • Orientação

Fonte: Magalhães (2010)

Diante do exposto, será considerado para este trabalho a definição proposta por Magalhães (2010) sistema de transporte é um Sistema que faz parte dos subsistemas da sociedade humana.

3.5.2 Modelo Ontológico do Transporte “Transporte é deslocamento intencional”

O ponto de partida será o modelo conceitual desenvolvido por Magalhães (2010) cujos elementos que determinam o fenômeno de transporte são apresentados na Figura 3.3.

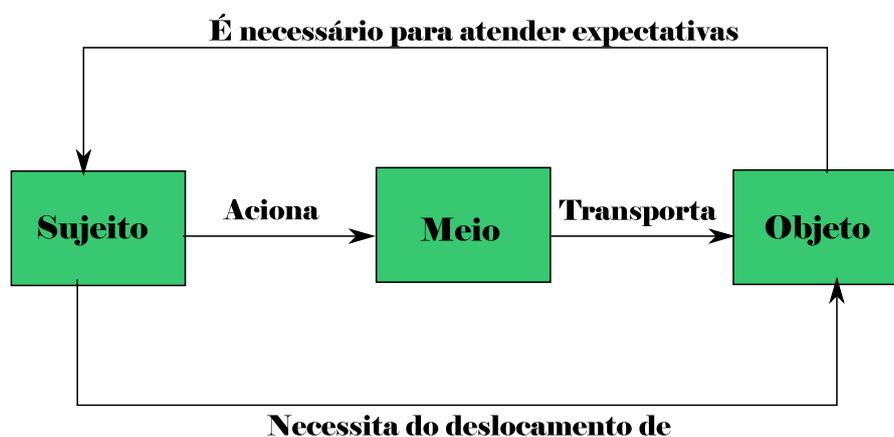


Figura 3.3 Modelo Transporte Intencional. Fonte: Magalhães (2010)

Segundo o modelo de Magalhães (2010) “*O Sujeito do Transporte é aquele que possui alguma necessidade ou desejo cuja satisfação requer o deslocamento qualquer. O Objeto do Transporte, por sua vez, é aquilo cujo deslocamento é necessário para satisfação das expectativas do sujeito de Transporte. O Meio de Transporte é aquilo que efetivamente transporta o objeto. O Meio é o ente que media a relação entre o Sujeito e o Objeto*”.

Para ilustrar, se cita o seguinte exemplo:

- Exemplo: Um funcionário público desloca-se para o trabalho.
 - Sujeito do Transporte: o funcionário público;
 - Meio de Transporte: O sistema que envolve a infraestrutura de transporte existente (calçadas, vias, local do trabalho) o serviço de transporte público e parte do corpo do funcionário público (seu sistema locomotor);
 - Objeto de Transporte: o funcionário público (especificamente, seu corpo).

O modelo de Magalhães conceitua o transporte desde um ponto de vista fenomenológico e ontológico baseado na ontologia de Mario Bunge (1977, 1979). As contribuições deste modelo resultam muito importantes porque apresentam uma visão do entendimento de transporte diferente dos conceitos clássicos existentes na literatura em transporte, “transporte é deslocamento de pessoas ou cargas” (Ortúzar e Willumsen, 2008). O conceito apresentado por Magalhães “*deslocamento intencional*” define transporte como um fenômeno humano diferente do fenômeno da física clássica.

Segundo Magalhães (2010), a física ensina que os deslocamentos têm uma causa, uma força que determinou seu início. A abordagem dessa ciência se restringe a explicar o relacionamento entre as forças e os deslocamentos. No entanto, não há a preocupação em explicar a finalidade do fenômeno, ou seja, para que ele ocorre, o que seria equivalente a uma explicação teleológica das forças que o determinam. Para a Física, eles não são intencionais, não têm propósito, e esse corte ontológico e epistemológico é o que a distingue.

Mas, retomando-se as definições de transporte. Transporte seria, então, dentre os deslocamentos, aqueles correspondentes ao de pessoas e mercadorias. Segundo Magalhães (2010), se generalizarmos esses dois elementos, pessoas e mercadorias, para objetos materiais, palpáveis – “coisas” na acepção dada por Bunge. Ainda, considerando que os fenômenos de transporte seriam carregados de intencionalidade, o que significa dizer que

acontecem por uma razão, uma vontade ou propósito. Para Magalhães (2010) isso determina uma distinção crucial: a intencionalidade. Então, ele define transporte como “*deslocamento intencional de um objeto material, palpável*”. Diante dessa definição, Magalhães (2010) coloca que a finalidade do transporte é uma satisfação de uma expectativa individual ou coletiva.

Com base a exploração ontológica do fenômeno de transporte, o trabalho de Magalhães deixa evidente que existem limitações nas ciências naturais para interpretações de cunho teleológico sobre a natureza humana do fenômeno de transporte. Elas não possuem arcabouço teórico metodológico nem instrumental adequados. Dessa forma a seguinte seção explorará as Múltiplas dimensões entre os elementos fundamentais do transporte apresentados no modelo ontológico de Magalhães (2010).

3.5.3 Explorando as Múltiplas dimensões entre os elementos fundamentais do Transporte

Voltando ao modelo básico do Sujeito – Meio – Objeto, as relações entre os elementos estão condicionadas aos diferentes subsistemas ou dimensões desses subsistemas. Esses subsistemas (econômico, político, cultural, etc.) e a relação com o Sistema de transporte segundo definição de apresentada por Magalhães (2010) seria interpretada como a interseção do Sistema com todos os subsistemas da sociedade humana, como é ilustrado na Figura 3.4

Erro! Fonte de referência não encontrada..

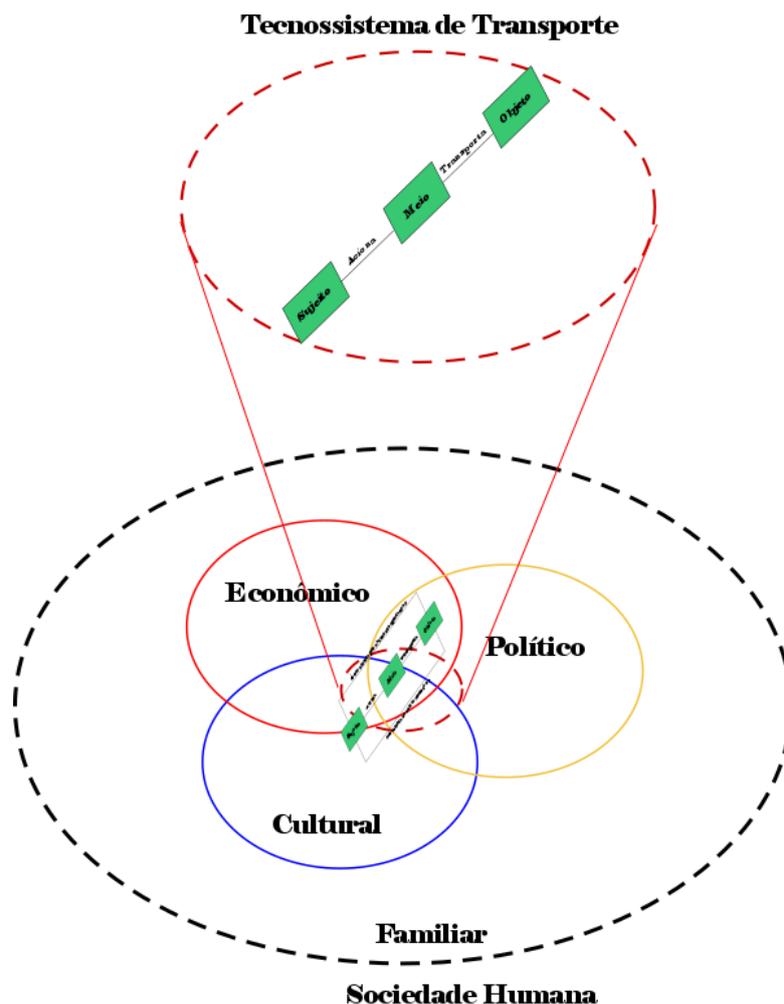


Figura 3.4 Interpretação da Multidimensionalidade dos elementos e sistemas que interagem no fenômeno do Transporte. Fonte: Elaboração própria

Diante disso, como proposto por Magalhães (2010) o estudo de transporte aborda os elementos colocados no modelo ontológico, suas propriedades e relações. E, ainda a construção teórica de sistemas de transporte e compreensão de seu mecanismo. A pesquisa em transporte deve utilizar, nesse contexto teórico, recursos metodológicos e instrumentais para a análise de sistemas complexos. Seu trabalho é conjecturar componentes, ambiente e estrutura do sistema de transporte, partindo de proposições mais simples, e trabalhando em incrementos teóricos (Magalhães, 2010).

Assim, também Magalhães (2010) apresenta um exemplo ilustrativo, o Quadro 3.2 apresenta as interfaces que a área de transporte precisa desenvolver com outros campos de investigação para abordar cada elemento e para desenvolver modelos de sistemas de transportes

teoricamente relevantes. Assim, existe uma necessidade do desenvolvimento de uma propedêutica atualizada e interdisciplinar.

Quadro 3.2 Interfaces que a pesquisa de Transporte precisa desenvolver com outros campos de investigação.

Aspecto de Estudo	Disciplinas
<div style="text-align: center;">Sujeito</div>	Ciências Sociais e humanas: Psicologia, Antropologia, Sociologia, História e Ciências Políticas, Geografia Humana
<div style="text-align: center;">Meio</div>	Engenharia civil, Mecânica, Elétrica, Eletrônica, Engenharia de Produção, Ambiental, Arquitetura e Urbanismo, Matemática, Física, Química, Biologia, Direito, Economia da Regulação, Engenharia de Segurança.
<div style="text-align: center;">Objeto</div>	Psicologia, Antropologia, Sociologia, História, Pedagogia e Ciências Políticas, Agronomia, Engenharia de Produção, Ergonomia, Ciências Biomédicas, Medicina do Trabalho, Geografia.
<div style="text-align: center;">  </div>	Ciências Econômicas, Economia Urbana e Regional, Psicologia, Sociologia, Antropologia, História, Ciências Políticas, Direito, Economia de Regulação, Geografia.
<div style="text-align: center;">  </div>	Ciências Econômicas, Economia Urbana e Regional, Psicologia, Sociologia, Antropologia, História, Ciências Políticas, Direito, Economia de Regulação, Geografia, Ergonomia, Física, Química, Biologia, Ciências Biomédicas, Medicina do Trabalho.
<div style="text-align: center;">  </div>	Ciências Econômicas, Economia Urbana e Regional, Psicologia, Sociologia, Antropologia, História, Ciências Políticas, Direito, Geografia.

Fonte: Magalhães (2010)

3.6 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Este capítulo tem apresentado os conceitos e a ontologia da teoria de sistemas de Mario Bunge que será a base filosófica e instrumento para poder sistematizar as teorias de comportamento em transporte no modelo ontológico. A noção de sociedade humana e subsistemas: político, econômico, cultural e familiar, foram analisados para uma melhor compreensão do trabalho desenvolvido por Magalhães (2010). Assim, foi realizada uma contribuição com essa pesquisa acrescentando a definição de Mecanismo e sua formalização segundo os últimos trabalhos de Bunge no modelo de sistemas desenvolvido por ele.

Outro dos objetivos importantes levantados neste capítulo foi a reflexão sobre a natureza humana do fenômeno de transporte proposto por Magalhães (2010). Tal postulado de natureza, pode ser importante para o desenvolvimento de novas teorias e métodos para desenho dos sistemas de transporte. Além disso, o modelo ontológico e a definição desenvolvidos pelo autor serão a base para o desenvolvimento deste trabalho e, portanto, cabia a sua apresentação, análise e reflexão neste capítulo.

Por último, também se resgata a ideia da multidisciplinaridade do Transporte em função da definição de Sistema de Transporte como Sistema da sociedade humana. E a necessidade de que a pesquisa em transporte tenha um caráter mais interdisciplinar para desenvolver modelos de transporte teoricamente relevantes, como também, a falta de uma propedêutica interdisciplinar para pesquisa e ensino em Transportes.

No seguinte capítulo será apresentado o desenvolvimento da sistematização das Teorias de Comportamento em Transporte no modelo ontológico.

4 SISTEMATIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE NO MODELO ONTOLOGICO DE TRANSPORTE

APRESENTAÇÃO

O presente capítulo aborda a sistematização das Teorias de Comportamento em Transporte no modelo ontológico de transporte desenvolvido por Magalhães (2010). Como foi apresentado no anterior capítulo, a teoria dos sistemas de Mario Bunge (1977, 1979, 2003, 2004) será o instrumento para realizar essa sistematização. Além disso, também será explorado o modelo intencional de transporte proposto no trabalho de Magalhães (2010). Primeiro será apresentado o modelo ontológico de Magalhães (2010). Segundo serão realizadas a padronização de conceitos e definições que serão utilizados durante este capítulo. Terceiro será realizada a sistematização das Teorias de Comportamento em Transporte.

4.1 EXPLORANDO AS RELAÇÕES ENTRE OS ELEMENTOS DO MODELO ONTOLOGICO DE TRANSPORTE

Como foi apresentado anteriormente, o modelo ontológico de transporte apresenta Três elementos como fundamentais para produção do fenômeno de transporte: o Sujeito do Transporte, o Meio do Transporte e o Objeto do transporte. Para que o fenômeno do transporte possa acontecer, devem existir relações entre os Sujeito e o Meio e entre o Meio e o Objeto, no sentido do transporte. Proposto por Magalhães (2010) a relação no sentido sujeito-meio é ‘aciona’ e no sentido meio-objeto é ‘transporta’. Segundo Magalhães (2010) o resultado da possibilidade de estabelecimento dessas relações determina uma propriedade ao objeto: a mobilidade, a propriedade daquilo que pode ser transportado. A acessibilidade, é por definição, uma propriedade do meio do transporte que pode interagir com o sujeito e com o objeto, no âmbito específico do transporte. Desta forma, a acessibilidade pode ser decomposta em dois componentes: a acessibilidade sujeito-meio e a acessibilidade meio-objeto, como é apresentado na Figura 4.1 .

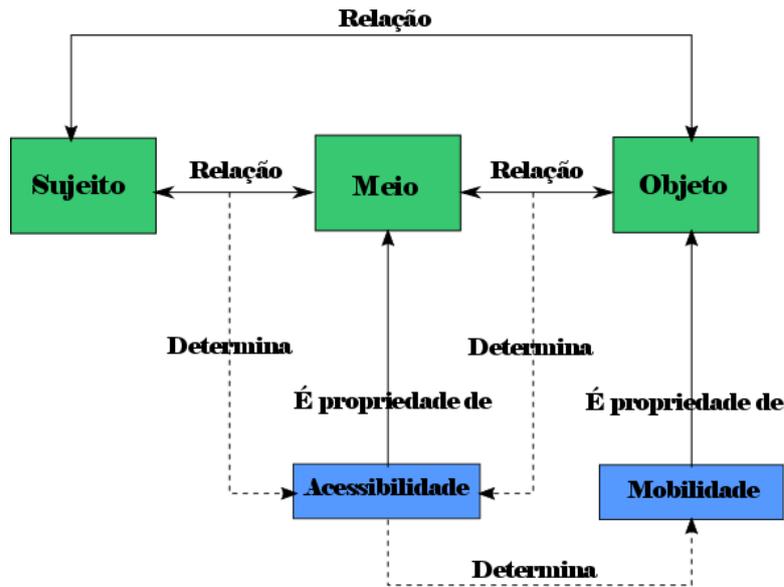


Figura 4.1 Relações entre os elementos fundamentais do transporte e as propriedades fundamentais do Meio e do Objeto de Transporte. Fonte: Magalhães (2010)

No modelo de Magalhães foram definidas propriedades do Meio e do Objeto, mas do Sujeito não foi muito explorado. Assim, parte dos objetivos deste trabalho é explorar e analisar as propriedades, como também os atributos do Sujeito de Transporte e os mecanismos que explicam como se dão essas relações com o Meio e o Objeto.

Outras duas definições importantes para o desenvolvimento de transporte são de Acessibilidade e Mobilidade. Segundo Magalhães (2010) Acessibilidade e Mobilidade são dois termos muito importantes na ciência de transporte, mas eles estão associados a uma diversidade muito grande de sentidos e contextos nos quais esses dois termos são, muitas vezes, impropriamente utilizados. Morfossintaticamente, os vocábulos ‘acessibilidade’ e ‘mobilidade’ são utilizados para designar propriedades. Muitas definições apresentadas para esses dois termos têm sido ambíguas e teoricamente equivocadas (Magalhães, 2010). Dessa forma, para o desenvolvimento deste trabalho serão utilizadas as formalizações gerais realizadas por Magalhães (2010) de acessibilidade e mobilidade.

4.1.1 Formalização Geral de Acessibilidade

Seja $C \subset \mathcal{E}_A(\sigma, t)$, $E \subset \mathcal{E}_A(\sigma, t)$, $S \subset \mathcal{S}_A(\sigma, t)$, $r \in S$, uma relação $r: \mathcal{E}_A(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{E}_A(\sigma, t)$ pertencente à A-Estrutura de um sistema de transporte $\sigma \in \Sigma$. Sejam ainda $x \in E$ e $y \in C$.

Diz que x tem acesso ao sistema σ , ou “ $A_\sigma x$ ”, se, e somente se, existe um elemento x do A-Ambiente do sistema que estabelece uma relação com um elemento y (distinto do primeiro) da A-Composição do sistema. Isso pode ser formalizado da seguinte forma:

$$A_\sigma x \leftrightarrow \exists x \exists y \exists z (x \in E \wedge y \in C \wedge \diamond(x, y) \in r)$$

Um exemplo dessa formalização se entenderia da seguinte forma: seja x uma indústria de exploração de minério, y uma empresa de transporte ferroviário de cargas (que compõe o sistema de transporte de cargas), e r uma relação “ x contrata e paga y ”. Pode-se dizer, nesse caso, o sistema de transporte de cargas é acessível à indústria de minério se, e somente se, for possível que a empresa contrate e pague o valor cobrado pela empresa transportadora.

4.1.2 Formalização Geral da Mobilidade

Segundo Magalhães (2010) a formalização da Mobilidade depende das noções estabelecidas anteriormente para Acessibilidade. A formalização realizada parte da ideia de mobilidade como propriedade daquilo que pode ser movido. E, no contexto do sistema de transporte, para se dizer que algum objeto ou pessoa tem a mobilidade como propriedade, deve existir um sistema de transporte que possa ser acionado e que possa receber, transportar e entregar o objeto. Portanto, um objeto é móvel (possui a propriedade mobilidade) se, e somente se, o sistema de transporte é acessível ao sujeito de transporte e ao objeto de transporte.

A formalização proposta por Magalhães (2010) é a seguinte:

Seja $C \subset \mathcal{E}_A(\sigma, t)$, $E \subset \mathcal{E}_A(\sigma, t)$, $S \subset \mathcal{O}_A(\sigma, t)$, $r \in S$, uma relação $r : \mathcal{E}_A(\sigma, t) \rightarrow \mathcal{E}_A(\sigma, t)$ pertencente à A-Estrutura de um sistema de transporte $\sigma \in \Sigma$. Seja ainda, r_1 uma relação sujeito – objeto definida por $r_1 : \mathcal{E}_A(\sigma, t) \rightarrow E(\sigma, t)$, e $x_1, x_2 \in E$.

Diz-se que a coisa x_2 tem mobilidade sob o sistema de transporte σ ou “ $M_\sigma x_2$ ”, se, e somente se, o sistema é acessível tanto a x_1 (Sujeito de Transporte correspondente a x_2) quanto a x_2 (objeto de transporte correspondente a x_1). Isso pode ser formalizado da seguinte forma:

$$M_\sigma x_2 \leftrightarrow (\langle x_1, x_2 \rangle \in r_1 \wedge A_\sigma x_1 \wedge A_\sigma x_2)$$

Continuando com o exemplo anterior. Seja x_1 uma indústria de minério, y uma empresa de transporte ferroviário de cargas (que compõe o sistema de transporte de cargas), e r uma

relação “x contrata e paga y”. Adicionemos ao caso, r_1 uma relação “ x_1 precisa que x_2 seja entregue no porto para exportação”, e x_2 uma carga de minério. Dizemos que, nesse caso, a carga de minério tem mobilidade sob o sistema de transporte considerado se, e somente se, existe uma intenção ou necessidade de transporte, se for possível que a empresa contrate e pague o valor cobrado pela empresa transportadora e se a carga de minério puder ser transportada pela empresa (existe locomotora adequada, pessoal capacitado, Terminal logístico, etc.)

As seguintes discussões sobre os termos de mobilidade e acessibilidade são realizadas como uma clarificação dessas ideias, tratando de evitar a confusão terminológica existente sobre os termos. De fato, são inúmeras as definições existentes, muitas delas equivocadas e incorretas, mesmo quando se apela ao senso comum como árbitro (Magalhães, 2010; Magalhães e Yamashita, 2006). A partir das formalizações apresentadas é que se procedera a acrescentar mais análises sobre os termos de acessibilidade e mobilidade seguindo a teoria dos sistemas e a sistematização que será realizada para as teorias de comportamento.

4.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS TEORIAS DE COMPORTAMENTO EM TRANSPORTE NO MODELO DE SISTEMA DE TRANSPORTE

Neste item será realizada a sistematização das Teorias de Comportamento em Transporte através da ontologia de sistemas de Bunge e o modelo de sistemas proposto no trabalho de Magalhães (2010). Primeiro será feita uma categorização dos aprofundamentos que tem realizado estas teorias em função dos elementos do modelo de sistema de transporte apresentada na equação (22).

4.2.1 Formalização dos elementos do modelo ontológico do Transporte e o Sistema de Transporte

Neste item será realizada uma formalização do Sistema de Transporte e como serão considerados os elementos do modelo ontológico de Transporte dentro do Sistema de Transporte para realizar a categorização das Teorias de Comportamento em Transporte numa linguagem única de ontologia durante o desenvolvimento da sistematização dessas teorias. Como foi apresentado anteriormente dentro da linguagem ontológica da teoria dos sistemas de Bunge, o sistema de transporte é considerado como um Sistema. Portanto, define-se o modelo de Sistema de Transporte “ σ_τ ”¹⁸ da seguinte forma:

$$\sigma_{\tau} = \langle \mathcal{C}_{\tau}, \mathcal{A}_{\tau}, \mathcal{E}_{\tau}, \mathcal{M}_{\tau} \rangle \quad (22)$$

Onde:

σ_{τ} : sistema de transporte

\mathcal{C}_{τ} : composição do sistema de transporte

\mathcal{A}_{τ} : ambiente do sistema de transporte

\mathcal{E}_{τ} : estrutura do sistema de transporte

\mathcal{M}_{τ} : mecanismo do sistema de transporte

Considerando o modelo ontológico do Transporte apresentando na Figura 4.1 , o Quadro 4.1 foi elaborado para apresentar a caracterização da composição, ambiente, estrutura e mecanismo do sistema de transporte.

4.2.1.1 Composição

A composição do Sistema de Transporte é correspondente ao Sistema de transporte. Mas o elemento Meio de Transporte ainda apresenta subconjuntos que fazem parte dele. Dentre desses subconjuntos podemos identificar os seguintes: Serviços ou instituições, pessoas, artefatos. Uma das características do Sistema de Transporte é a tecnologia que a compõe. Essas tecnologias são classificadas dentro do subconjunto de artefatos. Os mesmos artefatos por si mesmos não são produzidos nem utilizados, eles precisam de seres humanos para ser criados. Para uma melhor ilustração da ideia apresentada, segue a seguinte classificação:

- Artefatos: Veículos, vias, garagens, terminais, etc.
- Pessoas: Motorista, mecânico, gestor de frota, secretário de transportes, operador do serviço, fiscal, projetista, planejador do serviço, etc.
- Organizações: empresa de transporte de carga, empresa de transporte público, secretaria de transporte, etc.

¹⁸ O símbolo “ τ ” será utilizado em $\sigma_{\tau}, \mathcal{C}_{\tau}, \mathcal{E}_{\tau}, \mathcal{A}_{\tau}, \mathcal{M}_{\tau}$ para representação do Sistema de Transporte. O símbolo “t” será utilizado para representação do tempo.

Quadro 4.1 Caracterização da Composição, Ambiente, Estrutura e Mecanismo do Sistema de Transporte

Sistema de Transporte	Elementos
<p>Composição</p> <p>\mathcal{C}_τ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Meio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Serviços ou instituições ○ Pessoas ○ Artefatos
<p>Ambiente</p> <p>\mathcal{E}_τ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sujeito • Objeto <p>Sistema Sociedade Humana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subsistema Econômico • Subsistema Político • Subsistema Cultural • Subsistema Familiar
<p>Estrutura</p> <p>\mathcal{S}_τ</p>	<p>Interna:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Pessoas</i> ↔ <i>Artefatos</i> • <i>Pessoas</i> ↔ <i>Pessoas</i> <p>Externa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Sujeito</i> ↔ <i>Objeto</i> - Input: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sujeito</i> ↔ <i>Meio</i> - Output: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Meio</i> → <i>Objeto</i> • <i>S.Econômico</i> ∪ <i>S.Político</i> ∪ <i>S.Cultural</i> ∪ <i>S.Familiar</i> → <i>Meio</i>
<p>Mecanismo</p> <p>\mathcal{M}_τ</p>	<p>Mecanismo essencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intenção: <i>Sujeito</i> – (<i>Aciona</i>) – <i>Meio</i> – (<i>Transporta</i>) – <i>Objeto</i>

Fonte: Elaboração própria

4.2.1.2 Ambiente

O ambiente do Sistema de Transporte é conformado pelo Sujeito de Transporte, Objeto de Transporte, os mesmos são parte dos subsistemas da sociedade humana (econômico, político, cultural, familiar). Existem mais elementos dentro da sociedade humana e seus subsistemas que formam parte do ambiente do Sistema de Transporte. Mas, esses dois elementos são essenciais para o fenômeno de transporte e por isso que se faz uma ênfase especial neles no ambiente do Sistema de Transporte. Lembrando a definição de Sujeito de Transporte que é aquele que possui alguma necessidade ou desejo cuja satisfação requer o

deslocamento de um objeto qualquer. E o Objeto de transporte é aquilo cujo deslocamento é necessário para a satisfação das expectativas do Sujeito de Transporte.

Sujeito de transporte

O sujeito de transporte é um conjunto de elementos conformado por indivíduos ou grupos familiares os quais apresentam uma necessidade para transportar o objeto.

Objeto de transporte

O objeto de transporte é um conjunto de coisas palpáveis cujo deslocamento é necessário para satisfação das expectativas do sujeito de transporte.

Os subsistemas da sociedade humana

Como foi apresentado no item 4.5 o ambiente onde o Sistema de Transporte se desenvolve é a união entre os subsistemas da Sociedade Humana. Assim, existem outros elementos além do Sujeito e o Objeto de transporte são parte desses subsistemas e que podem apresentar relações com os componentes do Sistema de Transporte.

4.2.1.3 Estrutura

A estrutura do Sistema de Transporte está conformada por uma estrutura interna, estrutura externa. Essas estruturas são consideradas como subconjuntos de $\mathcal{S}_\tau(\sigma, t)$. É importante distinguir estrutura interna de externa já que permite um refinamento da análise de um Sistema de transporte. A seguir será apresentado uma definição de cada uma.

Estrutura interna

A estrutura interna é formada pelas relações entre os componentes do Sistema de Transporte. As relações podem ser do tipo: pessoas com artefatos, artefatos com pessoas ou organizações de pessoas e artefatos com outras organizações de pessoas e artefatos.

Estrutura Externa

A estrutura externa do Sistema de Transporte é conformada pelas relações ou interações entre seus componentes e o ambiente. Segundo Bunge (2003), pode se formalizar os subconjuntos *Input* e *Output* da seguinte forma em função das relações identificadas no Quadro 4.1:

- $r_i : E(\sigma, t) \rightarrow C(\sigma, t)$ é a relação de *Input* entre o Ambiente e o Componente do sistema de transporte;

- $r_o : C(\sigma, t) \rightarrow E(\sigma, t)$ é a relação de *Output* entre o Componente e o Ambiente do sistema de transporte.

4.2.1.4 Mecanismo

Como foi definido no item 4.3.2 Mecanismo é um conjunto de processos que descreve como funciona um sistema. Um exemplo em transporte seria a tomada de decisão para escolha do modo de transporte, o mecanismo é a definição de uma utilidade em função dos atributos do modo de transporte onde esses valores de utilidade são analisados pelo raciocínio do indivíduo humano escolhendo o modo que tenha o maior valor de utilidade. Outro exemplo de um conjunto de processos que explicam como funciona o sistema de transporte pode ser o Modelo de Quatro Etapas da Abordagem Baseada em Viagens. O Modelo de Quatro Etapas é um conjunto de processos (Geração de viagens, Distribuição de viagens, Partição modal, Alocação de viagens) que explica e descreve como é que funciona o sistema de transporte com sua propriedade de equilíbrio entre a oferta e a demanda de transporte.

Pode existir mais de um mecanismo para uma função do sistema. Mas existe um mecanismo que pode ser destacado como o mecanismo essencial com que faz que funcione o sistema de Transporte. Segundo o Quadro 4.1 foi identificado um mecanismo essencial e alguns mecanismos exclusivos do Sistema de Transporte. Esses mecanismos estão em função das relações do modelo ontológico de transporte. Podem existir ainda mais mecanismos a durante a exploração das Teorias de Comportamento e das relações do modelo ontológico. Como discutido por Bunge (1999, 2003) a formalização de um mecanismo pode ser realizada de distintas formas: algoritmos, equações, regras, etc. Neste item será formalizado só o conjunto de Mecanismo do Sistema de Transporte. Também destacamos que podem existir mecanismos emergentes que respondem as propriedades emergentes do Sistema os quais devem ser explorados mais para frente. Pode se escrever o conjunto de mecanismo da seguinte forma:

Seja \mathcal{M}_τ o conjunto de mecanismos do Sistema de Transporte σ_τ no tempo t . Então, $\pi(\sigma_\tau, t)$ é o conjunto de processos de σ_τ no tempo t . O mecanismo essencial ou total de processos que acontecem exclusivamente em σ_τ no tempo t é $\pi_s(\sigma_\tau, t) \subseteq \pi(\sigma_\tau, t)$. Portanto o Mecanismos do Sistema de Transporte escreve-se:

$$\mathcal{M}_\tau(\sigma_\tau, t) = \{\pi(\sigma_\tau, t) \mid \pi(\sigma_\tau, t) \notin \emptyset\} \quad (23)$$

$$E, \pi(\sigma_\tau, t) = \{p_{i-n}, p_1, p_2, \dots, p_i \mid p_i \neq \emptyset \wedge i \geq n \wedge (i, n) \in \mathbb{N}\}$$

Onde:

$p_{i-n}, p_1, p_2, \dots, p_i$: Processos ordenados do mecanismo

Com a formalização da composição, ambiente, estrutura e mecanismo do Sistema de Transporte procede-se a categorizar as Teorias de Comportamento em Transporte em função desses elementos.

4.2.2 Categorização das Teorias de Comportamento segundo a Ontologia de Sistemas

Embora, a ausência de uma teoria formal de Comportamento em Transporte não tenha passado despercebida, existe uma quantidade significativa de trabalhos empíricos que aplicaram essa abordagem na prática científica ajustados a uma variedade de quadros conceituais (McNally e Rindt, 2007). Todas atingem diferentes conceitos e objetivos enquanto a sua explicação do comportamento em transporte. Desde a origem no trabalho de Fried et al. (1977) intitulado de “*Travel behaviour – A synteshis Theory*”, poucos trabalhos têm debatido a conformação de uma teoria formal de Comportamento em Transporte.

Diante desse contexto, a categorização das teorias de Comportamento em Transporte aplicadas na prática científica de transporte é uma etapa importante para poder sistematizar as teorias de Comportamento em Transporte na ontologia de Sistemas de Bunge. O Quadro 4.2 apresenta os resultados dessa categorização.

Quadro 4.2 Categorização das Teorias de Comportamento em Transporte em função do modelo de Sistema de Transporte

Abordagens ou Teorias		Aspecto de Estudo			
		Componente \mathcal{C}_τ	Ambiente \mathcal{E}_τ	Estrutura \mathcal{S}_τ	Mecanismo \mathcal{M}_τ
Século XX	A teoria microeconômica do consumidor Becker (1965)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	Sujeito - Meio
	Abordagem Motivacional Chapin (1965) e Abordagem Baseada em Atividades Fried et al. (1977)		Sujeito Objeto	Sujeito - Objeto	Sujeito - Objeto

Abordagens ou Teorias		Aspecto de Estudo			
		Componente \mathcal{C}_T	Ambiente \mathcal{E}_T	Estrutura \mathcal{E}_T	Mecanismo \mathcal{M}_T
	Geografia do Tempo Hägerstrand (1970)		Objeto	Meio - Objeto	Meio - Objeto
	Comportamento de grupos homogêneos Kutter (1973)		Sujeito Objeto	Sujeito - Objeto	
	Teoria moderna da utilidade esperada Neumann e Morgenstern (1974)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	Sujeito - Meio
	Teoria das Expectativas Kahneman e Taversky (1979)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	Sujeito - Meio
	Abordagem Sócio-ecológica Heidemann (1981)		Sujeito	Sujeito - Meio	
	Teoria do Arrependimento David (1982)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	Sujeito - Meio
	Teoria da utilidade aleatória McFadden (1983)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	Sujeito - Meio
Século XXI	Abordagem sociológica Vasconcelos (2000)	Artefatos	Sujeito	Sujeito - Meio	
	Abordagem orientada a vida (2003)		Sujeito Objeto	Sujeito - Meio	
	Abordagem de redes sociais Sheller e Urry (2006)		Sujeito	Sujeito - Meio	

Fonte: elaboração própria

4.2.2.1 Componente do Sistema de Transporte

Dentro das Teorias aplicadas na prática científica de Comportamento em Transporte foram identificadas as teorias de tomada de decisão ou também conhecidas como teorias de escolha

racional (Teoria da utilidade aleatória, Teoria Microeconômica do Consumidor, Teoria Moderna da Utilidade Esperada), e as Teorias das Expectativas e a Teoria do Arrependimento. Este grupo de teorias se foca mais nos atributos dos componentes do Sistema de Transporte. Os artefatos da composição são do interesse principal destas teorias.

Como artefatos podemos citar: veículos, infraestrutura rodoviária, etc. essas teorias aprofundaram nos atributos observados pelo sujeito do transporte para ele tomar uma decisão ou uma escolha. Os atributos geralmente estudados são: custo, tempo de viagem, velocidade para o caso de veículos; para o caso de infraestrutura, capacidade, e nível de serviço. No caso de Transporte público, que é também um componente do Sistema de Transporte cujas propriedades e atributos são importantes para este grupo de teorias.

Além das teorias da tomada de decisão, pode-se indicar a abordagem socioecológica de Vasconcellos que tem pretendido em estudar os artefatos, pessoas, serviços da composição do Sistema de Transporte e suas relações com o ambiente do Sistema de Transporte (Sujeito, Objeto, e os subsistemas da sociedade humana).

De todas formas além das propriedades e atributos dos artefatos do Sistema de Transporte, que também são comuns para outras abordagens como a Abordagem Baseada em Viagens (*Trip Based Approach*), pouco aprofundamentos foi feito na prática científica de Comportamento em Transporte. Como está definido como um Sistema de Transporte, a tecnologia tem um impacto grande no funcionamento do mesmo. Ante os futuros avanços da tecnologia, especialmente o caso dos veículos autônomos ou os sistemas inteligentes de transporte (ITS), podem surgir novas propriedades e atributos além dos convencionais que impactem no comportamento do sujeito e objeto de transporte. Dessa forma, uma revisão dos componentes do Sistema de Transporte deve ser realizada pela abordagem de Comportamento em Transporte.

Finalizando esta análise podemos indicar que a abordagem de Comportamento não abrange pelo momento o transporte de cargas, por tanto a Composição do Sistema de Transporte para esta abordagem é focada num nível de transporte de pessoas e o Meio de Transporte que é estudado por este grupo de Teorias da tomada da decisão são os artefatos, pessoas, e serviços do transporte de pessoas. Formalizando a composição, escrevesse-se:

$\mathcal{C}_{\tau P}(\sigma_{\tau}, t) = \{y_{\tau P} \in A \mid y_{\tau P} \subset \sigma_{\tau}\}$, onde: $\mathcal{C}_{\tau P}(\sigma_{\tau}, t)$: Composição do Sistema de Transporte

para transporte de pessoas do Sistema de Transporte σ_t no tempo t ; y_{tp} : Meio de transporte de pessoas.

4.2.2.2 *Ambiente do Sistema de Transporte*

Referente aos elementos do Ambiente do Sistema de Transporte todas as Teorias convergem que o Sujeito de Transporte é o indivíduo, estendendo-se o conceito para família. Tanto o indivíduo ou a família (*Households*) são o Sujeito de Transporte que tem a necessidade de Transportar o Objeto para satisfazer a suas necessidades. Dentro das principais necessidades a satisfazer, as teorias levantadas também convergem na definição das atividades como as necessidades do Sujeito. Essa questão tem desenvolvido o conceito de que Transporte é derivado da demanda por atividades, conceito que é a principal questão de estudo da prática científica em Comportamento em Transporte.

No caso quando é utilizada a família como o Sujeito de Transporte, já não se trabalha com a estrutura de uma viagem para realizar a atividade senão com a interação entre os membros da família quando realizam suas atividades. Essa abordagem, traz uma maior complexidade no estudo do comportamento em transporte, mas que é mais próximo a realidade.

O Objeto de Transporte também apresenta uma convergência enquanto a definição. Todas as teorias levantadas concordam de que o Objeto de transporte é o corpo ou corpos físicos das pessoas a transportar pelo Meio de transportar. Agora, esse conceito pode ser obvio e tem sido na maior das vezes implícito nas teorias levantadas até o momento. Mas, o que acontece quando se diferencia o indivíduo como sujeito de transporte e o corpo do indivíduo como objeto de transporte é que as abordagens podem apresentar as maiores divergências entre elas.

A premissa de que as pessoas realizam atividades para satisfazer necessidades é a mesma para a Teoria Motivacional, Abordagem Baseada em Atividades e a Geografia do Tempo. Mas, na Geografia do Tempo existe outra premissa importante que é do “caminho espaço tempo”. A primeira premissa é um atributo do Sujeito de Transporte, mas o a segunda premissa é um atributo do Objeto de Transporte. Seguindo as definições apresentadas no início deste capítulo a mobilidade é uma propriedade do Objeto de Transporte e o que representa o “caminho espaço tempo” é a representação da mobilidade do Objeto de transporte.

Para Geografia do Tempo o Sujeito e o Objeto de Transporte é a mesma coisa. Deixando as análises mais no conceito físico e generalizado. Se bem, considera que o Sujeito é o indivíduo ou família, e posteriormente tem considerado mais aspectos sociológicos do Sujeito. Ainda a principal premissa e foco de análise da Geografia do Tempo é o Objeto de Transporte e sua mobilidade no espaço e no tempo. Ignorando propriedades do Sujeito como a Racionalidade e o estudo dos mecanismos no fenômeno de transporte. Uma principal crítica a Geografia do Tempo, é que tenta extrair todas as respostas ao fenômeno de transporte, em termos de espaço e tempo, desde o modelo do prisma espaço, modelo que é o foco dos estudos de Geografia do Tempo. Mas como temos discutido neste paragrafo a Geografia do Tempo foca mais no Objeto e sua propriedade de Mobilidade. Excetuando alguns estudos específicos que estenderam seu foco para o mecanismo (Burns, 1979; Miller, 1999a; Neutens, 2010)

Por outro lado, as outras teorias têm focado mais no Sujeito, suas propriedades, e atributos. A principal propriedade é da racionalidade, tem outras propriedades como atitudes, crenças, etc. Deixando a análise do Objeto como padrões de viagens ou atividades. Portanto, as outras teorias têm estudado o conceito de mobilidade como uma propriedade do Sujeito. Mas o que sempre foi o maior foco para essas teorias foi o Sujeito e sua necessidade de atividades.

Enquanto, sobre os outros elementos do Ambiente do Sistema de Transporte, eles têm sido abordados de diferentes formas pelas teorias de Comportamento em Transporte, sempre diferentes que sejam diferentes do Sujeito e o Objeto de Transporte. Para as teorias da tomada de decisão o Subsistema econômico tem sido de maior foco. Para a teoria motivacional, abordagem baseada em atividades, comportamento de grupos homogêneos os subsistemas econômicos, cultural, e familiar tem sido foco de estudo.

A Geografia do Tempo, Abordagem Sociológica de Vasconcellos, Abordagem Sócio Ecológica de Heidemann, Redes Sociais, e a Teoria das Expectativas tem estudado os quatro subsistemas (econômico, cultural, político, familiar). A Abordagem Orientada a Vida tem explorado mais o subsistema familiar. Geralmente a maioria das teorias tem estudado o Ambiente do Sistema de Transporte como o ambiente urbano ou cidade par ser mais específicos.

4.2.2.3 *Estrutura do Sistema de Transporte*

Referente a estrutura do Sistema de Transporte as teorias de Comportamento em Transporte têm prestado maior interesse no estudo das relações da estrutura externa. Uma das relações da estrutura externa com maior pesquisa na prática científica de Comportamento em Transporte é a relação Sujeito e suas necessidades para transportar o Objeto. Principalmente abordado pela Teoria Motivacional, Abordagem Baseada em Atividades onde a maioria das pesquisas procuram a explicação de como a necessidades de atividades é geradora da demanda por transporte. A diferença da Abordagem Baseada em Viagens que propõe que a geração de viagens é realizada em função da agregação da atratividade de zonas homogêneas.

As duas Teorias explicam que no Sistema de transporte não existe só uma atividade a ser realizada, senão existe um conjunto de atividades cuja realização é necessária para o Sujeito estar satisfeito. Essa necessidade, demanda o transporte do Objeto pelo Meio de transporte. Assim, a relação Sujeito – atividade é fundamental para que exista a necessidade de transporte. Complementa-se o estudo desta relação com a pesquisa entre fatores dos subsistemas e as propriedades e atributos do Sujeito e a influência ou impactos que podem ter nessa relação. Como foi formalizado no item 4.2.1 esta relação do Sujeito e sua necessidade de realizar atividades foi definida entre uma relação do conjunto de *input* das relações exteriores entre o Sujeito e o Objeto de transporte.

Outras das relações do conjunto de *input* é a relação Sujeito – Meio. Essa relação foi abordada tanto pelas teorias da tomada de decisão como a Geografia do Tempo. O objetivo principal no estudo dessa relação foi o entendimento dos atributos do Meio de Transporte e sua influência ou relação com as decisões ou percepções do Sujeito de Transporte. Dentro da Geografia do Tempo tem sido mais definido essa relação como *Acessibilidade*, concorde com o modelo Ontológico de Magalhães a relação entre Sujeito e Meio apela pela propriedade de acessibilidade do Meio de Transporte. Lembrando que o conceito de acessibilidade e mobilidade dentro deste trabalho foi apresentado no item 4.1.

No contexto apresentando, acredita-se que a relação de input entre Sujeito e Meio é de maior profundidade porque envolve distintos mecanismo e processos que o Sujeito deve realizar quando entra em contato com o Meio de Transporte. A maioria das teorias tem valorado mais o estudo dos atributos do Meio e sua valoração pelo Sujeito em termos de custo e tempo. Na Geografia do Tempo, essa relação tem passado a ser mais conduzida em termos

de acessibilidade e distância e tempo. Mostrando que o estudo desta relação tem um viés mais econômico, e físico.

Considerando ainda essa relação Sujeito e Meio, as outras teorias focam uma análise maior nos outros elementos dos subsistemas (econômico, político, cultural, familiar) que afetam essa relação entre Sujeito e Meio. Dentro dos elementos estudados encontra-se: políticas, normas, regras, restrições, etc. Aclarando que a Abordagem Baseada em Atividades e a Teoria Motivacional não aprofundaram nesta relação.

Com relação as relações *Output*, o maior foco apresenta-se na relação Meio e Objeto. Para ambas a Teoria motivacional e a Abordagem Baseada em Atividades essa relação tem sido considerada como o resultado da mobilidade do Objeto no Meio. Colocando a definição de padrões de viagens, que é a representação espacial das viagens realizadas pelo Objeto durante o dia. Para a Geografia do Tempo essa relação de Meio e Objeto está mais representada pelo caminho espaço temporal e o prisma espaço tempo. A forma que tiver o prisma espaço tempo representa a forma como a mobilidade do Objeto foi restrita pelo Meio de Transporte.

Em função desse comportamento, Hägerstrand (1970) levantou três tipos de restrições que afetam ao Sujeito e sua participação em atividades e que determinam o comportamento do Objeto sendo transportado no Meio de Transporte. Obviamente, dentro da análise da Geografia do Tempo não existe uma diferença entre Sujeito e Objeto, para ela ambos são a mesma coisa. Mas é importante fazer essa separação ontológica dos elementos, uma das críticas na Geografia do Tempo foi a falta de consideração de aspectos mais sociais e econômicos que afetam ao Sujeito. E é importante ressaltar que o Prisma espaço tempo não explica ou descreve como funciona os mecanismos que levam a que se forme um caminho espaço temporal do Objeto transportado. A Geografia do Tempo só analisa as relações e procura explicações através de cálculos físicos do prisma espaço tempo.

Em síntese poucas teorias têm abordado a relação do Meio Objeto da forma como proposto no Modelo Ontológico de Transporte definido no item 4.1

Uma última relação de Output a ser analisado são as relações entre o Meio de Transporte e qualquer elemento dos subsistemas da sociedade humana urbana. As abordagens sócio-ecologia e sociológica têm focado seus estudos nessa relação, levantando impactos e fatores do Meio de Transporte nos elementos dos subsistemas. Geralmente tem sido realizada uma

maior análise nos impactos econômicos e políticos resultado do desempenho do Meio de Transporte. Corresponde que essa relação resulta de um interesse secundário, já que o principal foco na prática científica de Comportamento em Transporte é o Sujeito de Transporte.

4.2.2.4 *Mecanismo do Sistema de Transporte*

Enquanto os mecanismos do Sistema de Transporte, basicamente a prática científica em Comportamento em transporte tem aplicado as Teorias da tomada de Decisão. Considera-se o mecanismo essencial para o Comportamento em Transporte o processo como o Sujeito de Transporte toma a decisão. O conjunto de teorias da decisão sempre tem sido as mais utilizadas para definir o processo no qual o Sujeito aciona o Meio de Transporte. Experimentais estão começando a ser utilizados a Teoria das Expectativas e a Teoria do Arrependimento. Mas a maioria das pesquisas na prática científica tem ficado estancadas no entendimento da escolha por um modo de Transporte.

Um grupo reduzido de pesquisa tem trazido novos processos que expliquem o Sujeito acionando o Meio de Transporte, um dos mais importantes é a escolha de um horário de saída para realizar uma atividade. Esse conceito resulta importante, mas na procura do entendimento teórico desse processo, só é encontrada a literatura da teoria de tomada de decisão. Existindo uma confusão entre definições a ser utilizadas para prática científica. Pode-se encontrar muitos modelos desde distintas abordagens explicando tanto a escolha do modo de transporte ou a escolha do horário de saída. Mas poucas pesquisas têm trazido a integração de vários processos. Ben-Akiva, Bowman (1996). Propõem que o mecanismo do comportamento de transporte consta de distintos processos ordenados. Os mesmos foram formalizados através de modelos microeconômicos de utilidade. Outra proposta foi de Recker *et al.* (1985) onde os autores desenvolveram o modelo STARCHILD como resposta ao comportamento complexo em Transporte.

Enquanto aos mecanismos que sucedem para que aconteça a acessibilidade ou a mobilidade tem sido pouco estudados desde o ponto de vista da abordagem de comportamento em transporte. A exceção de alguns estudos específicos como Burns (1979), Miller (1999a), Ashiru *et al.* (2003), Neutens (2010) que propõem os processos do mecanismo de acessibilidade com uma formalização em função de modelos microeconômicos de utilidade.

Existe uma tendência ao entendimento da tomada de decisão enquanto a escolha modal o que tem sido o maior aprofundamento na prática científica de comportamento em Transporte. Mas, isso tem deixado claro que o Comportamento em Transporte como teoria ainda segue aceitando os demais mecanismos que foram desenvolvidos pela Abordagem Baseada em Viagens, tais como: alocação e escolha da rota e a distribuição de viagens, e o princípio de equilíbrio de Wardrop.

Diante do exposto, pode-se resumir que existem lacunas no Comportamento em Transporte porque ele não aborda toda a compreensão do Sistema de Transporte, e tenta explicar todo o fenômeno de transporte desde a perspectiva do Sujeito de Transporte.

4.3 MODELO INTENCIONAL DE TRANSPORTE

Neste item é proposto o desenvolvimento do modelo intencional de transporte. O nome obedece à definição apresentada de que transporte é um fenômeno humano intencional. Mas como foi levantado a definição de intencional tem ficado subjetivamente na análise de tomada de decisão. E pouco tem sido estudado desde um ponto de vista proposto pelo modelo ontológico de transporte onde: Sujeito – aciona – Meio – transporta – Objeto. Para isso foram categorizadas as diferentes teorias e como resultado se teve que elas abordam um Sistema de transporte reduzido, deixando algumas relações sem mecanismos que possam explicar como funciona esse sistema reduzido.

Comparado com a Abordagem Baseada em Viagens a prática científica de Comportamento em Transporte tem abordado só uma parte dos elementos do Sistema de Transporte. Diante disso, neste item procura-se o desenvolvimento de um modelo teórico que complemente as lacunas encontradas e sistematize os conceitos dispersos, especialmente nos mecanismos do Sistema de Transporte.

4.3.1 O Sujeito de Transporte

O Sujeito de transporte é o elemento mais abordado na prática científica de Comportamento em Transporte. E como foi definido no modelo ontológico o Sujeito de Transporte é aquele que possui a necessidade cuja satisfação requer o deslocamento de um objeto qualquer. Para todas as teorias aplicadas em Comportamento em Transporte existe uma concordância com a definição do Sujeito de Transporte e é identificado como o indivíduo ou pode ser agregado em família.

Como o Sujeito é um elemento principal no qual se fundamenta a maioria das pesquisas da prática científica de Comportamento em Transporte, é importante explorar o perfil do Sujeito de Transporte, e suas propriedades para o desenvolvimento do modelo intencional.

4.3.1.1 Perfil do Sujeito de Transporte

O sujeito de transporte foi classificado como o indivíduo, e como a família, sendo o primeiro considerado a unidade de análise no Comportamento em Transporte. A maioria das teorias apresentaram aprofundamento no estudo do comportamento individual. Ressalta-se que as propriedades e atributos do indivíduo são do maior interesse na pesquisa para poder estabelecer relações ou identificar mecanismos com os outros elementos do ambiente e componentes do Sistema de Transporte.

Mas o indivíduo pertence a uma estrutura familiar, a qual pode ser considerada como um nível superior ao indivíduo. Se consideramos o indivíduo como a unidade do Sujeito, o qual possui necessidades e realiza decisões que resultam no transporte do objeto e a participação em atividades. Mas a própria estrutura da tomada de decisão é fortemente influenciada pelas interdependências a nível da família (Recker et al., 1986; Bem-Akiva e Bowman, 1995).

Dentro das propriedades do Sujeito encontra-se a necessidade de realizar atividades. O indivíduo tem que participar de atividades para satisfazer certas necessidades. Segundo Recker *et al.* (1986) a geração e alocação de atividades acontece no nível da família. Portanto, a estrutura do nível familiar influencia no comportamento individual de cada membro e suas necessidades de transportar o objeto para satisfazer atividades, como apresentado na Figura 4.2. O indivíduo, obviamente, participa dependendo seu papel dentro da família no processo de tomada de decisão da família.

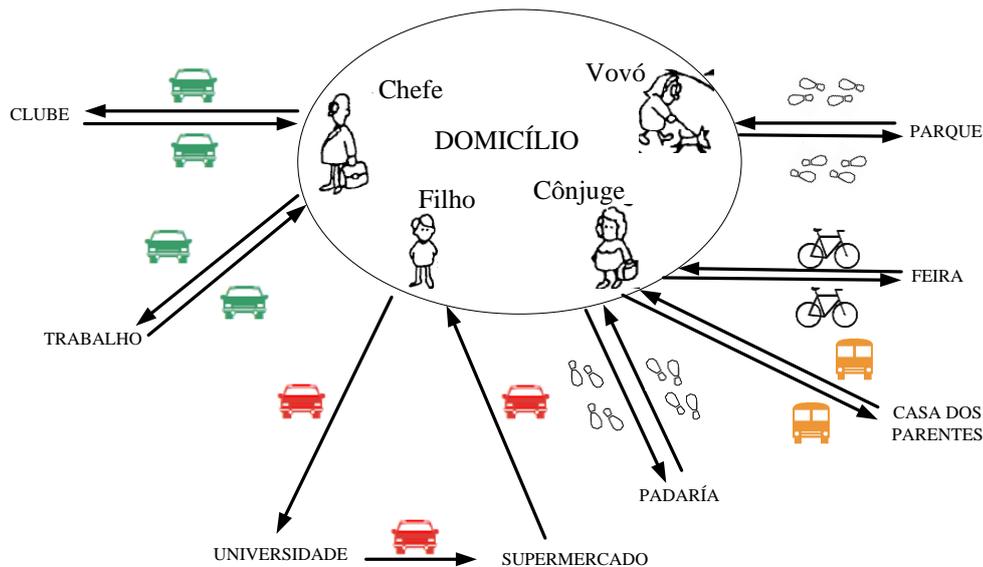


Figura 4.2 Relacionamento entre viagens e atividades por indivíduos de um domicílio.

Fonte: Brog e Erl (1983)

Identificando que o Sujeito de transporte é o indivíduo ou pessoa humana, e que o nível familiar também pode exercer um papel de Sujeito de transporte ou intervir no processo de necessidades do Sujeito. Corresponde levantar as propriedades do Sujeito de Transporte que são importantes no funcionamento das relações e os mecanismos.

4.3.1.2 Propriedades do Sujeito de Transporte

Como foi explicado no capítulo 4 existe uma diferença entre propriedade e atributo, o que geralmente a prática científica em Transporte tem adotado como definição proveniente da ciência econômica é a propriedade do Sujeito de Transporte de ser um agente racional econômico. Mas, atualmente o mesmo conceito de agente racional econômico tem entrado em discussão pela mesma ciência econômica, desenvolvendo uma convergência a novas áreas de pesquisa como a economia comportamental (*Behaviour Economics*), Neuro economia, e Economia psicológica.

Essa questão apresenta que os embasamentos teóricos desenvolvidos tanto pela Abordagem Baseada e Viagens como pelo Comportamento em Transporte tem adotado essa propriedade do agente racional econômico. Como foi levantado no capítulo 2, a prática científica em Comportamento em Transporte tem começado a aplicar algumas teorias provenientes da Economia comportamental as quais já não consideram essa propriedade do agente racional econômico. Mas, se bem existe um maior aprofundamento em explorar as questões

psicológicas que afetam no comportamento do Sujeito de Transporte, onde o maior foco de pesquisa é o processo de escolha modal, só existe uma aplicação simples das técnicas e levantamentos de relações. Deixando sem discussão a questão de que se a ciência do transporte deve ou ainda considerar a propriedade do agente racional econômico.

Diante disso, dentro desse conjunto de propriedades do Sujeito em função da revisão da literatura apresentamos novos elementos pouco explicados na prática científica em Comportamento em Transporte.

i. Cérebro Humano

O cérebro humano é uma propriedade intrínseca do Sujeito de Transporte: indivíduo ou o grupo de indivíduos que conformam a família. O mesmo cérebro e parte do corpo todo como um subsistema. A importância do cérebro humano é que o órgão responsável pelos processos mentais que são diferentes e separados das funções do corpo. Aclarando que caminhar e falar são funções do corpo e não só do cérebro humano (Bunge, 2003). A abordagem científica do cérebro humano pela psicologia e a neurociência tem levantado propriedades e funções específicas que são de suma importância quando se quer entender o processo cognitivo da mente humana (Bunge, 2003). Dentro dessas propriedades pode-se citar:

- A primeira propriedade refere-se ao nível de espontaneidade (independência de estímulos) da atividade dos neurônios. O que significa que pode existir resultados sem dados de entrada;
- A segunda propriedade refere-se ao tecido nervoso e sua inibição latera que acompanha cada excitação;
- A terceira propriedade é específica do tecido nervoso, em particular do córtex cerebral dos mamíferos, que é o agrupamento dos neurônios em sistemas como as minicolunas, colunas, e sistemas grandes descobertos por Vernon Mountcastle (1998);
- A quarta propriedade é a existência de subsistemas dentro do cérebro com funções diferenciadas e uma relativa independência. Isso considera as questões de processamento paralelo que existe na percepção de cores, formas, textura, etc.;
- A quinta propriedade é a plasticidade do córtex cerebral de certas interseções interneuronal. Essa propriedade é a habilidade de formar novos sistemas de neurônios cuja conexão mutua (sináptica) pode mudar de forma duradora. Essa propriedade também diferencia o cérebro humano do cérebro dos animais que carecem de tal sistema plástico neuronal, apresentando circuitos neuronais rígidos.

A quarta propriedade é de muito interesse para a prática científica de comportamento em transporte porque a premissa de que o Sujeito de transporte é um agente racional econômico implica que o processo de tomada de decisão é realizado em um desses subsistemas. Mas pouca literatura tem pesquisado o tentando descrever como é que se realiza esse processo de tomada de decisão onde o Sujeito é um agente racional econômico? Na teoria das expectativas Kahneman e Tversky prêmios Nobel e fundadores da economia comportamental, propuseram que existem dois subsistemas dentro do cérebro onde se realiza esse processo de tomada de decisão. Chamados de Sistema 1 e Sistema 2.

ii. Sistema 1 e Sistema 2

O trabalho de Kahneman e Tversky (1979) trouxe uma nova estrutura para representar a arquitetura da cognição ou o processo mental do raciocínio. Dentro de toda a literatura desenvolvidas por eles, define-se duas formas ou modos de pensar e decidir: o Sistema 1 e o Sistema 2. Onde o primeiro responde ao conceito de intuição e o segundo ao de racionalidade. A racionalidade é feita de forma deliberativa e com esforço, mas os pensamentos intuitivos parecem vir de forma espontânea para a mente, sem computação ou uma procura consciente e sem nenhum esforço. Observações de causa e pesquisas sistemáticas indicam que a maioria dos pensamentos e ações são intuitivos nesse sentido (Daniel T. e Gilbert, 1989, 2002; Timothy D. Wilson, 2002; Seymour Epstein, 2003). Deixando claro, para não confundir os conceitos, que não se indica que o sujeito expressa cada pensamento ou ação em cada impulso. O termo “o sistema 2 monitora as atividades do sistema 1” será utilizado. Nesse sentido o monitoramento normalmente é relaxado e permite que muitos juízos intuitivos sejam expressados, incluindo aqueles que podem estar errados (Kahneman and Frederick, 2002).

A Figura 4.3 apresenta o esquema resume as características do sistema 1 e o sistema 2. Os processos no sistema 1 são rápidos, automáticos, de pouco esforço, associativos, e geralmente carregados de emoções. Eles também são governados pelo hábito, e são geralmente difíceis de controlar ou modificar. Os processos no sistema 2 são lentos, seriados, requerem esforço, e controlados pelo raciocínio deliberativo. Eles também são relativamente flexíveis e potencialmente governados por regras.



Figura 4.3 Os três sistemas cognitivos. Fonte: tradução de Kahneman (2003)

A diferença entre os esforços fornece o indicador sobre se um processo mental deve ser alocado no sistema 1 ou no sistema 2. Porque toda a capacidade do esforço mental é limitada. Por um lado, processos que requerem muito esforço podem tender a interromper entre cada um. Por outro lado, processos que requerem pouco esforço nem causam nem sofrem muita interferência quando combinados com outras tarefas (Kahneman, 2003). Para uma maior formalização da linguagem que será aplicada ao longo do capítulo, o sistema de percepção e os processos intuitivos do sistema 1 geram *impressões* dos atributos dos objetos da percepção e o pensamento. Essas impressões não são voluntárias e não necessitam ser verbalmente explícitas. Mas, os *juízos* são sempre explícitos e intencionais, se elas estão ou não abertamente expressadas. Portanto, o sistema 2 é envolvido em todos os juízos, se se originam em impressões ou no raciocínio deliberativo. O *juízo intuitivo* é a definição do juízo que reflete diretamente impressões.

Diante do exposto, existe um erro quando a economia clássica só considera o conceito de racionalidade do Sujeito de transporte. Portanto, a abordagem de Comportamento em Transporte ainda deve investir no aprofundamento da pesquisa desses fatores psicológicos ou subjetivos, mas de uma forma mais sistêmica como é proposto por Kahneman (2003), e não da forma de só aplicar a técnica estatística desenvolvida pela Teoria das Expectativas, como é realizado atualmente.

iii. O sistema de percepção

Baseados no trabalho de Kahneman e Tversky a percepção é considerado como um subsistema do cérebro humano, cuja função é de processar as informações percebidas do Ambiente (atributos) pelo Sujeito e encaminhar elas para os demais subsistemas, especificamente quando se requer de pensamentos e decisões o sistema de percepção envia as informações para o sistema 1 e o sistema 2.

A propriedade do sistema de percepção é que ele é desenhado para melhorar o acesso de mudanças e diferenças. A percepção é dependente da referência: isso quer dizer que os atributos percebidos de um estímulo focal retrata o contraste entre esse estímulo e o contexto de um estímulo anterior e concorrente. Um atributo percebido também requer de um parâmetro para um valor de referência (chamado de nível de adaptação), o qual é influenciado pelo contexto de um estímulo anterior e atual.

Na análise econômica é assumido que a utilidade do resultado de uma decisão é determinada completamente pelo estado final da dotação financeira, e é, por conseguinte, independente de referência. Mas esse pensamento pode levar a erros no processo de estudo da tomada de decisão de alguns casos especialmente quando se está num contexto de risco. Maiores referências sobre os experimentos demonstrando que a utilidade não é independente de referência podem ser estudados em Kahneman e Tversky (2000).

iv. Memória Humana

A memória é outras das propriedades do Sujeito em Transporte que resulta muito importante para os processos que fazem parte do mecanismo do Sistema de Transporte. A memória humana é caracterizada pela capacidade dos seres humanos de adquirir, conservar e evocar informações através de dispositivos neurobiológicos e da interação social. Segundo Baddeley (1999) a memória humana pode ser classificada da seguinte forma:

- **Memória sensorial:** A memórias sensorial considera-se uma espécie de armazém de informação provenientes dos diversos sentidos que alargam a duração do estímulo. Isto facilita o seu processamento na Memória Operativa. Os armazéns mais estudados os dos sentidos da visão e da audição. O armazém icónico encarrega-se de receber a informação visual. Considera-se um depósito de grande capacidade na qual a informação armazenada é uma representação isomórfica da realidade de carácter puramente físico e não categorizado (ainda que não se tenha reconhecido o objeto). Esta estrutura é capaz

de manter 9 elementos aproximadamente, por um intervalo de tempo muito curto - sensivelmente 250 milissegundos. Os elementos que finalmente se transferiram para a Memória Operativa serão aqueles a que o usuário prestará atenção.

- Memória de operativa ou de trabalho: A Memória Operativa (também chamada de trabalho), ao contrário da memória de curto prazo que é imediata, é uma extensão do tempo que uma memória participa da memória de curto prazo, sendo, portanto, um sistema temporário de guardar e manipular informações associadas a aprendizado, raciocínio e compreensão, onde o usuário lida com a informação a partir da qual está interagindo com o ambiente. A informação armazenada nesta memória tem mais tempo de duração daquela armazenada na memória sensorial
- Memória de longo prazo: Este armazém faz referência ao que geralmente se entende por memória, a estrutura na qual se armazenam recordações, conhecimento acerca do mundo, imagens, conceitos, estratégias de atuação, etc. É um armazém de capacidade ilimitada (ou desconhecida) e contém informação de natureza distinta. Considera-se como a “base de dados” na qual se insere a informação através da Memória Operativa, para se poder posteriormente fazer uso dela. Dentro da Memória de longo prazo podemos encontrar outros dois subtipos de memória, explícita e implícita:
 - Memória explícita ou declarativa: é um tipo de memória de longo prazo que exige pensamento consciente. É o que a maioria das pessoas têm em mente quando se pensa em uma memória. Este subtipo de memória pode ser dividido da seguinte forma:
 - Memória episódica: Refere-se aonde armazenamos toda a nossa experiência de vida. Lembrarmos de momentos passados deve-se à memória episódica. É a principal responsável por novas aprendizagens. Vendo ou vivendo algo uma vez, podemos ter acesso a ele as vezes que desejarmos.
 - Memória semântica: É a memória responsável por arquivar a nosso conhecimento da realidade traduzido em palavras. A maioria dos casos de amnésia não é afetada, visto isto, podemos esquecer quem somos, mas sabemos que a mesa chama-se “mesa” ou que o gato chama-se “gato”.
 - Memória implícita: A memória implícita é uma forma importante de memória de longo prazo que não requer pensamento consciente. Ele permite que você faça as coisas de forma automática. A mesma pode ser classificada como:

- **Memoria procedural:** é a nossa memória da experiência. É o tipo de memória que se adquire pela experiência, pela tentativa/erro, através do desempenho de tarefas diárias. Às vezes chamadas de memória muscular na realidade pode ser tanto motora quanto não motora. Um exemplo motor é amarrar os cadarços de um sapato. Um exemplo não motor é contar uma história do início ao fim. Outro exemplo são os hábitos que adquirimos pela aprendizagem dos procedimentos sociais como: com licença, desculpe, por favos etc.

v. Estágio de ciclo de vida

Outra importante propriedade do Sujeito de Transporte dentro do Comportamento em Transporte é a sua propriedade de estágio de ciclo de vida. Como foi apresentado no item 2.2, os fatores subjetivos (estilo de vida, atitudes, crenças) influenciam na decisão do Sujeito para acionar o Meio (escolha do modo de transporte, horário de saída). Principalmente o estilo de vida é um fator que define as atividades que uma pessoa realiza e que também influencia na escolha do modo de transporte. E como também foi apresentado no item 2.4, as pessoas tomam grandes decisões durante o estágio de seu ciclo de vida. Assim, as viagens que observamos na atualidade são produto das grandes decisões que tomaram as pessoas à medida que se desenvolve seu ciclo de vida. Podemos indicar também que o estilo de vida varia segundo o estágio do ciclo de vida.

O estágio de ciclo de vida pode ser definido segundo os estudos de Bronfenbrenner (1979, 1994, 1996, 1999) onde consideram o indivíduo e ambiente inseridos em um ciclo de sistemas e subsistemas de interações dinâmicas entre os elementos Pessoa, Processos, Contextos e Tempo – PPCT. Nessa perspectiva, suas unidades de análise, como díade de atividade conjunta e processos proximais (que são, reciprocamente, estruturas interpessoais e interações contínuas entre indivíduo e ambiente), podem impulsionar a aquisição de competências e habilidades resultando em experiências de aprendizagem ou, em contrapartida, podem causar efeitos de disfunção, que é a dificuldade de controle e integração nas multifaces do desenvolvimento humano, como apresentado na Figura 4.4.

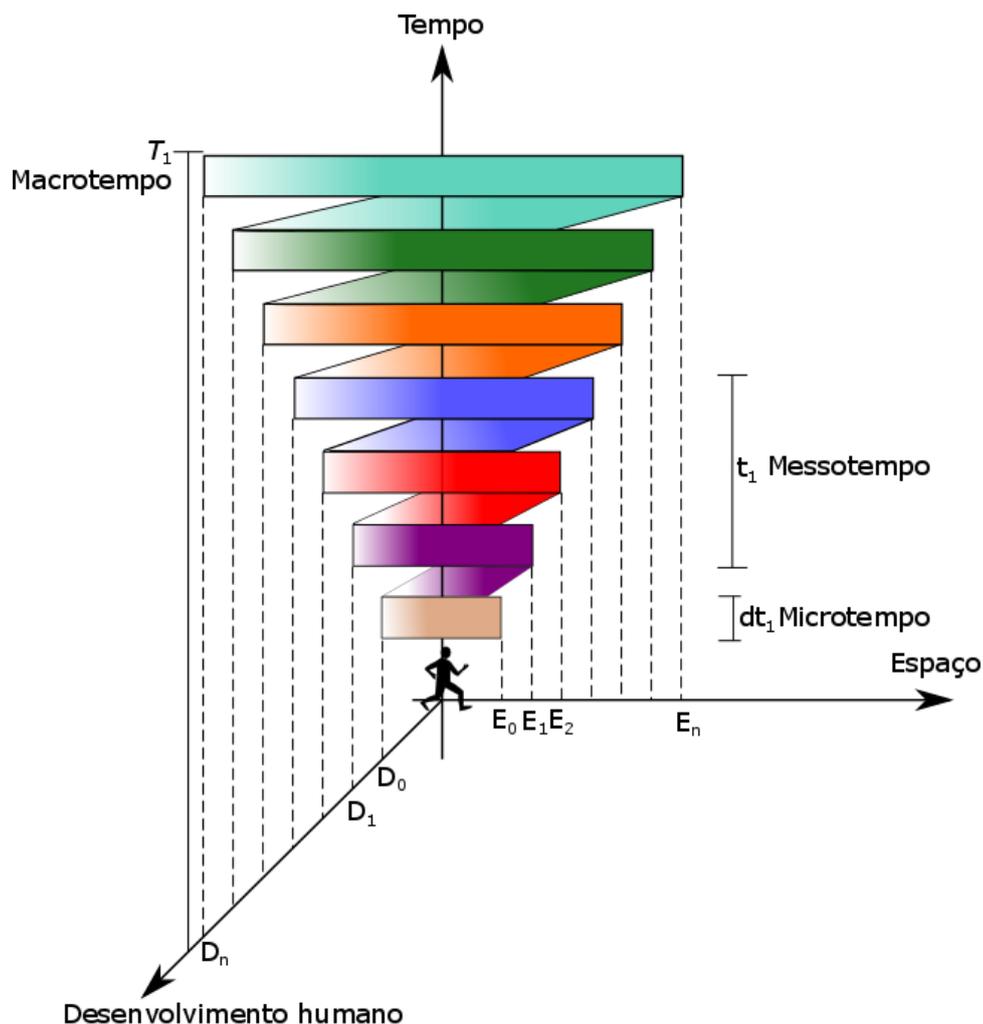


Figura 4.4 Estágio de ciclo de vida. Fonte: Elaboração própria

vi. Aprendizagem

Considerando os estudos de Bronfenbrenner (1979, 1994, 1996, 1999) Aprendizagem é o processo pelo qual as competências, habilidades, conhecimentos, comportamento ou valores são adquiridos ou modificados, como resultado de estudo, experiência, formação, raciocínio e observação. Aprendizagem é uma das funções mentais mais importantes em humanos.

vii. Atividades

Para o comportamento em Transporte, transporte é uma demanda derivada das atividades. E a satisfação de necessidades do Sujeito de transporte é a participação em atividades (Schönfelder e Axhausen, 2010; Silva, 2012; Santos, 2013). Nesse contexto, Santos (2013) apresenta uma abordagem da Teoria da Atividade (CHAT) para analisar o comportamento em transporte nas viagens a lazer.

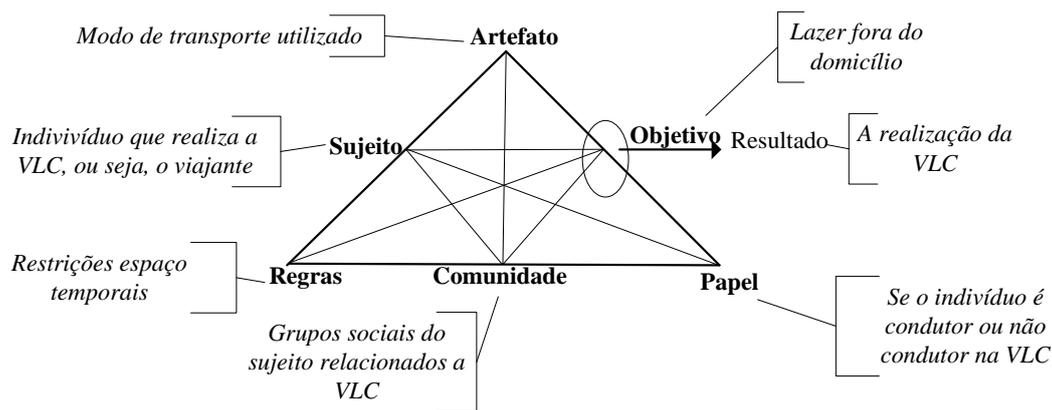


Figura 4.5 Modelo de viagens para lazer. Fonte: Santos (2013)

O Modelo desenvolvido por Santos (2013) em função a Teoria da Atividade (Figura 4.5) apresenta de uma forma estruturada a relação entre o Sujeito de Transporte e outros elementos que influenciam a formação de viagens em função das atividades. As pessoas realizam dois tipos de atividades: obrigatórias e não obrigatórias. As viagens a atividades obrigatórias, trabalho e educação, são realizadas diariamente e são mais restritas enquanto a horários de saída e chegada, e por tanto o modo de transporte e a rota não variam. Por outro lado, as viagens a atividades não obrigatórias são mais flexíveis e podem variar enquanto a modo de transporte e rota a utilizar. Isso ressalta a importância de que transporte como fenômeno humano também envolve um elemento sobre o Objetivo do transporte. E como foi apresentado na revisão do item 2.3 o tipo de viagem está em função da atividade a ser realizada e isso afeta na satisfação e na percepção de uma pessoa.

4.3.2 Desenvolvimento do Modelo Teórico

O presente modelo, chamado de “intencional”, é caracterizado por premissas significativas resultado da sistematização das abordagens e teorias atuais em Comportamento em Transporte. A seguir são descritas essas premissas:

- i. Primeiro o fenômeno de transporte que se tenta explicar neste modelo parte do modelo ontológico proposto por Magalhães (2010) como apresenta a Figura 4.6.

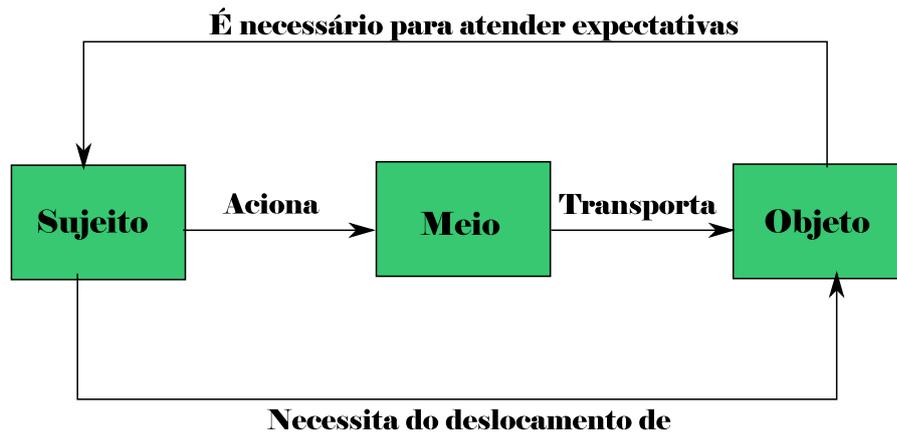


Figura 4.6 Modelo Ontológico de Transporte

- ii. Segundo, O Sistema de Transporte este composto pelo meio de transporte de pessoas e o ambiente está limitado à sociedade humana urbana. O sujeito de transporte é considerado como o indivíduo ou sua agregação em família. O objeto de Transporte é considerado o corpo físico dos indivíduos. Isso parte do resultado da sistematização das teorias de Comportamento em Transporte apresentado anteriormente, o qual se resume no modelo reduzido do Sistema de Transporte: $\mu(\sigma_\tau) = \langle \mathcal{E}_{\tau P}, \mathcal{E}_{\tau U}, \mathcal{I}_{\tau S_E}, \mathcal{M}_{\tau D} \rangle$.
- iii. O sujeito de transporte, elemento fundamental, apresentará as seguintes propriedades o qual o diferenciam do sujeito de transporte adotado na Abordagem Baseada em Viagens. O Quadro 4.3 resume a comparação entre os dois sujeitos de transporte.

Quadro 4.3 Propriedades do Sujeito de Transporte

Proposta Abordagem Comportamental em Transporte	Abordagem Baseada em Viagens
Sujeito de Transporte: Indivíduo racional limitado	Sujeito de Transporte: Indivíduo racional econômico
Comportamento: Físico: Satisfação de necessidades, escolha entre alternativas Mental: preferências e intenção entre os atos	Comportamento: Físico: Satisfação de necessidades, escolha entre alternativas Mental: preferências entre os atos
Propriedades: a) Racionalidade limitada (<i>Bounded Rationality</i>) a. Sistema 1 b. Sistema 2 b) Percepção: dependente da referência, conhecimento imperfeito das informações (incerteza) c) Memória: explícita e implícita.	Propriedades: a) Racionalidade individual a. Axiomas de preferencia b. Axiomas de escolha racional c. Maximiza a utilidade b) Percepção racional: perfeito conhecimento das informações, independente da referencia c) Aprendizagem racional: teorema de Bayes

d) Aprendizagem: baseado em experiências e construção de conhecimento	d) Racionalidade social: Eficiência de Pareto
e) Estágio de Ciclo de vida: mudanças no indivíduo.	
f) Comportamento Social: família, redes sociais.	

Fonte: elaboração própria

- iv. Em quarto lugar, em contraste com muitos estudos de comportamento de viagem, as atividades são tratadas explicitamente. Demanda de viagens é especificada em termos de um conjunto de atividades desejadas (um programa de atividades, mas para fins deste trabalho será utilizada a definição de plano de atividades) e as viagens é vista como decorrente de um processo mais fundamental de planejar as atividades dentro de um período de tempo disponível.
- v. Utilidade e a satisfação subjetiva: A noção de utilidade difere dramaticamente desde o conceito desenvolvido por Bentham (1789). Aonde utilidade pode ser relacionado com a experiência de sentimentos e emoções (ou prazer e dor como foi postulado originalmente). Dentro da economia e na maioria dos estudos da prática científica em Comportamento em Transporte sobre a utilidade tem considerado só um tipo de utilidade: a utilidade da decisão (*decision utility*). A utilidade da decisão é o processo onde o peso de vários atributos numa decisão são inferidos de escolhas observáveis e são utilizados para explicar essas escolhas. Mas o processo de tomada de decisão não só considera a utilidade de decisão, também considera a utilidade experimentada (Kahneman *et al.*, 1997).

A utilidade experimentada é um conceito que foi demonstrado pelos experimentos de Kahneman *et al.* (1997), Kahneman e Kruger (2006), cujos resultados demonstraram a mensuração da utilidade experimentada no tempo real (utilidade instantânea) e através de uma avaliação retrospectiva de episódios passados (utilidade lembrada). Pode-se relacionar a utilidade experimentada à satisfação do indivíduo

Portanto, o processo de tomada de decisão para este trabalho considerará a decisão de utilidade proveniente do sistema 1 e que afeta a utilidade experimentada, mais entendendo que atitudes relacionadas ao meio de transporte e outros fatores subjetivos do sistema 1 também influenciam nesta relação (Figura 4.7). As atitudes são consideradas como fatores automáticos do sistema 1.

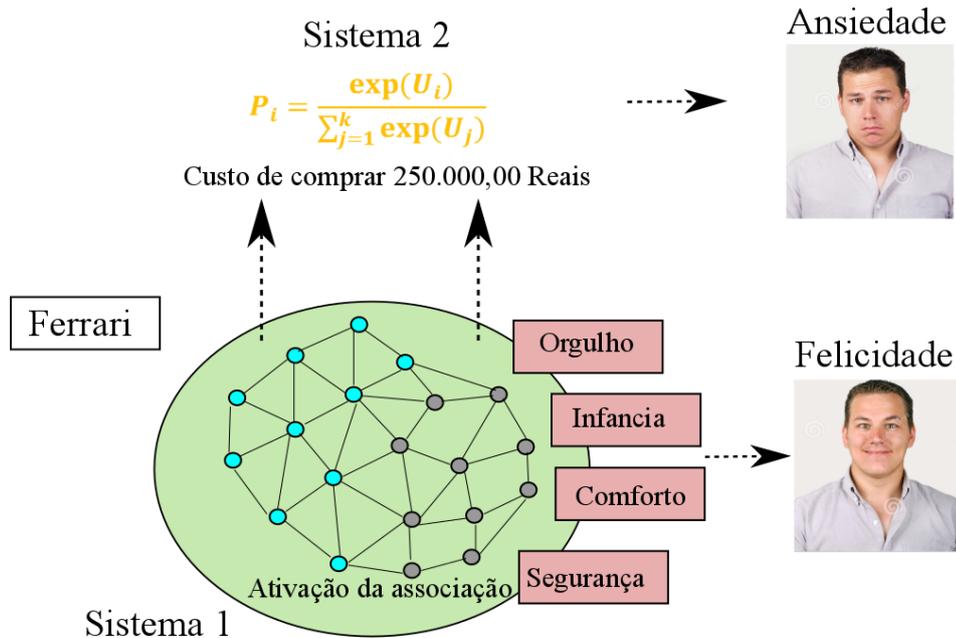


Figura 4.7 Tomada de decisão nos dois sistemas. Fonte: Elaboração própria.

vi. Mecanismo intencional

O mecanismo essencial com que faz que aconteça a ação do meio de transporte pelo sujeito é denominada como o mecanismo intencional $\pi_s(\mu(\sigma_r), t)$. O qual é um conjunto de processos que levam a intenção do Sujeito de acionar o meio de transporte, como é representado na seguinte figura.

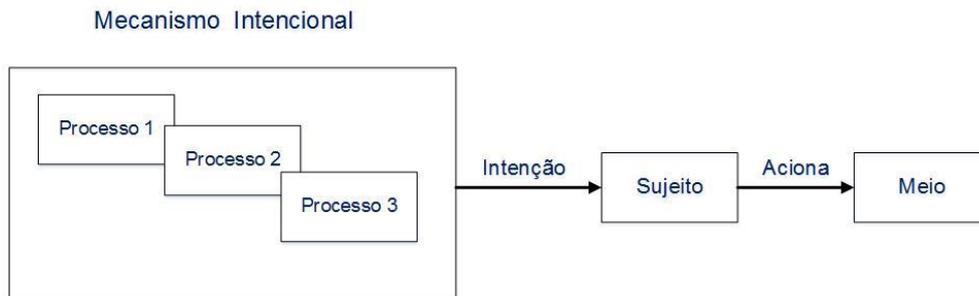


Figura 4.8 Esquema mecanismo intencional. Fonte: Elaboração própria

A ideia do mecanismo intencional foi considerada da teoria de comportamento planejado de Azjen o qual indica que a intenção de realizar uma ação depende de um conjunto de fatores objetivos (Normas, raciocínio, etc.) e subjetivos (atitudes, crenças, etc.). Assim, a intenção de acionar o Meio de transporte para mobilizar o objeto não só depende das preferencias e da pessoa e só a escolha modal. A existência da questão da intenção obriga a pensar num conjunto de processos além da tomada de decisão na escolha modal ou a tomada de decisão

na escolha da rota. Todo esse mecanismo intencional é um conjunto de processos mentais complexos o qual considera as interações espaciais e temporais entre o Meio e o Sujeito para atender ou satisfazer necessidades que precisem da mobilidade do Objeto de transporte. Esta premissa vai de acordo com algumas pesquisas empíricas (Bowman, 1995; Bem-Akiva e Bowman, 1998; Niegel Recker *et al.* 1986; Charypar e Nagel, 2005; Zhang, 2008), e apresenta uma grande diferença das pesquisas da prática científica em Comportamento em Transporte onde cada processo é sempre estudado de forma separada e sem relações de interação ou interdependência entre eles.

4.3.2.1 *O Modelo Teórico Intencional de Transporte*

Em função das propriedades e premissas apresentadas anteriormente, foi elaborado o presente modelo teórico denominado como modelo intencional de transporte. Dentro deste modelo foi sistematizado as maiores contribuições das Teorias utilizadas na prática científica de Comportamento em Transporte. Apresenta-se o conceito de mecanismo intencional de transporte, o qual procura descrever o funcionamento do Sistema de Transporte quando o Sujeito de transporte aciona o mesmo para transportar um Objeto.

A Figura 4.9 apresenta a estrutura do modelo proposto. O qual considera um estado inicial, e posteriormente o mecanismo intencional descreve uma série de processos mentais cujo output é a mobilidade do Objeto de Transporte. Dentro desse modelo é considerado que os processos mentais não são realizados só para escolha modal. Além disso, existe outros processos mentais os quais derivam na formulação da estratégia mais ótima para o sujeito acionar o meio de transporte para mobilizar o objeto com o fim de satisfazer suas necessidades.

Também serão considerados dentro deste modelo, explicado por Bunge (2003), as propriedades, e/ou processos emergenciais que podem acontecer pelo funcionamento do Sistema de Transporte. O termo mais comum nas pesquisas sobre esses processos emergenciais é “reprogramação de viagens”, ou “*replanning*” como é conhecido em língua inglesa. O modelo proposto também considera essas questões emergenciais, o caso de uma atividade não planejada, que serão tratadas com uma proposta de aplicação da abordagem de Burns (1979).

Assim, as seguintes seções apresentarão todas as etapas dentro do modelo intencional proposto.

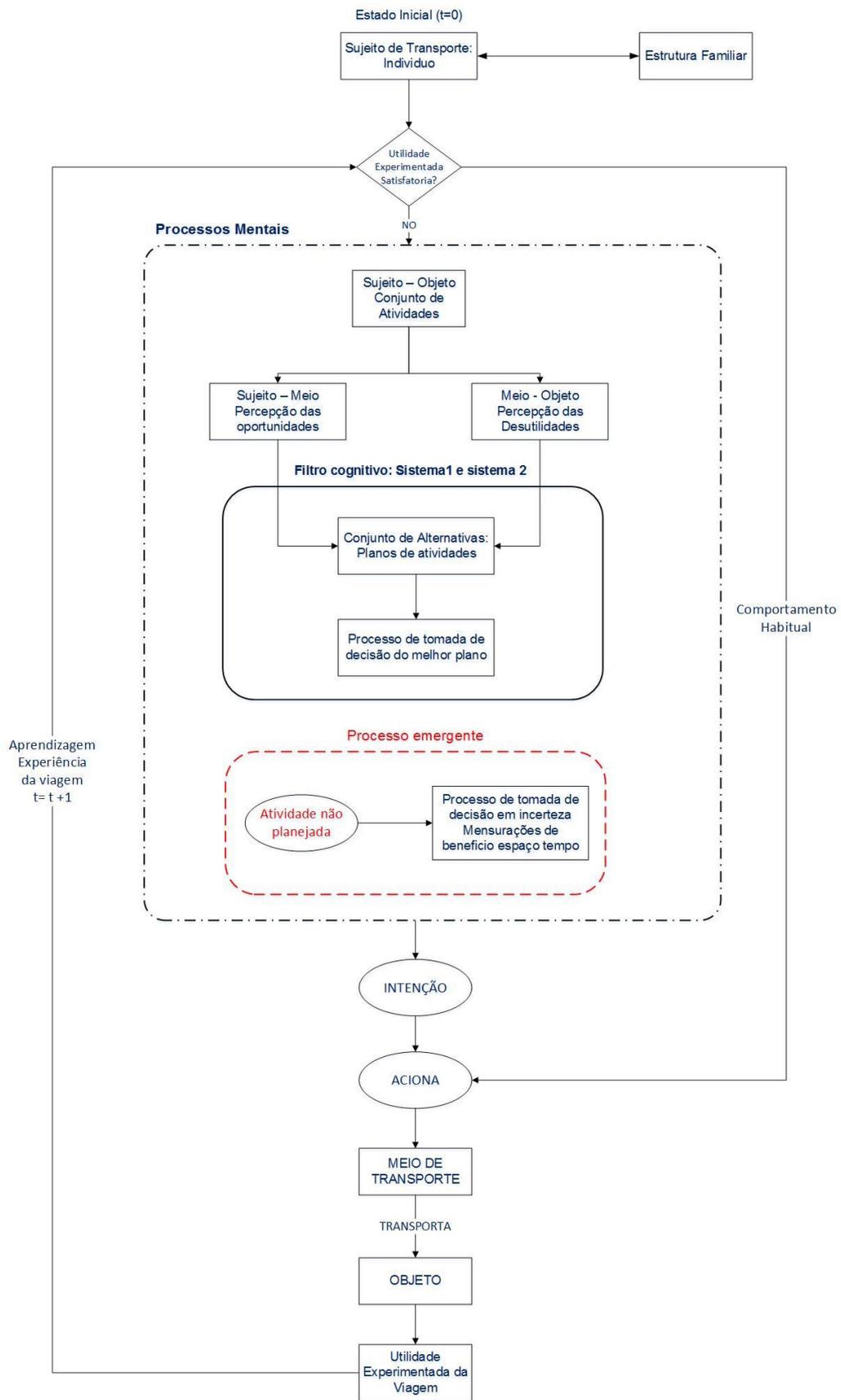


Figura 4.9 Esquema do modelo intencional de transporte. Fonte: Elaboração própria

4.3.2.2 Estado Inicial

No estado inicial, o indivíduo $x_{in} \subset x_s$ que é o Sujeito de transporte $x_s \in \sigma_{SHU}$ dado um tempo inicial t possui uma utilidade experimentada U_{Et} . O sujeito de transporte adquire essa U_{Et} através de experiências de viagens realizadas, caso não tenha nenhuma experiência o valor inicial será 0. Consideraremos U_{Et} variável no tempo durante o tempo que o sujeito de transporte vai acumulando experiências a priori dia a dia no Sistema de transporte urbano de passageiros $\mu(\sigma_\tau)$. As experiências de viagem com retornos similares que acontecem rotineiramente vão só reforçar U_{Et} na memória do sujeito de transporte, mas experiências de viagem que não são representativas podem ser esquecidas facilmente.

Adicionalmente U_{Et} pode ser afetada pela interação com a estrutura familiar x_f no tempo inicial t , ou pelo levantamento de informações através de mídia, internet, informações de sistemas inteligentes de transporte.

4.3.2.3 Processo inicial: Ativação da memória

Nesta etapa, é que antes de realizar a viagem o sujeito de transporte avalia a U_{Et} para poder entrar no mecanismo intencional para decidir se aciona ou não o meio de transporte. Caso, no estado inicial a U_{Et} não tenha sido satisfatória ou não existe um parâmetro de comparação ou de referência na memória, o sujeito passa a realizar os processos mentais para decidir a intenção de acionar o meio de transporte.

4.3.2.4 Processo 1: Conjunto de atividades

Como foi indicado, o Sujeito de transporte tem que satisfazer uma necessidade que requer o deslocamento do Objeto de transporte. Mas na realidade o Sujeito de transporte não requer só satisfazer uma necessidade, mas um conjunto de necessidades. Assim, para a abordagem e o Sistema reduzido que se está adotando, o Sujeito de transporte tem que satisfazer a participação num conjunto de atividades. Para isso vamos definir que o Sujeito de Transporte tem que realizar um programa de atividades planejadas e não planejadas da seguinte forma:

$$A = \{S, Z\} \quad (24)$$

Onde:

$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ conjunto de atividades que o Sujeito em transporte deve realizar;

$S = \{s_1, \dots, s_n\}$ subconjunto de atividades planejadas

$Z = \{z_1, \dots, z_n\}$ Subconjunto de atividades não planejadas

Cabe destacar as atividades não planejadas são um subconjunto de atividades do sujeito, durante o mecanismo elas serão consideradas como propriedades emergentes do sujeito de transporte e acontecem com incerteza num período de tempo dt .

4.3.2.5 Processo 2: Percepção das oportunidades

Depois de levantado o conjunto de atividades, neste caso atividades planejadas S , o sujeito de transporte procede a aplicar o processo de percepção das oportunidades. Este processo atende a relação Sujeito – Meio, onde se verifica se existe ou não acessibilidade. Esse levantamento de oportunidades é realizado através do levantamento das informações de cada atividade planejada. A formulação é baseada nas propostas de Recker *et al.* (1986) e Charypar e Nagel (2005). Dessa forma, escreve-se:

$$s_i = (l_s, d_s, w_s, la_s, te_s, g_s) \quad (25)$$

Onde:

s_i : atividade planejada

l_s : local da atividade planejada s_i

d_s : duração da atividade planejada

w_s : tempo de espera até atividade começar, no caso de lojas, agências bancárias, etc.

la_s : penalização por chegar tarde na atividade. Isso corresponde à restrição de autoridade proposto por Hägerstrand (1970)

te_s : tempo de saída da viagem para realizar a atividade s_i

g_s : penalidade se a atividade for de pouca duração. Isso permite uma diferença nos cálculos para realizar atividades pequenas como lanchar, o tomar café.

Assim, com essas informações coletadas pode-se formalizar uma equação de utilidade para cada atividade. Informando que o local da atividade sai da equação porque ela passa a ser considerada no seguinte processo. Escreve-se da seguinte forma:

$$Us_i = td_s + tw_s + \beta_1 la_s + te_s + \beta_2 g_s \quad (26)$$

Toda a percepção de oportunidades PO pode ser definida da seguinte forma:

$$PO = \sum_{s_i} Us_i(d_s, w_s, la_s, te_s, g_s) \quad (27)$$

4.3.2.6 Processo 3: Percepção das desutilidades (disutilities)

Realizado os cálculos da percepção das oportunidades, o Sujeito de transporte procede a realizar a perceber as desutilidades da viagem que precisa ser realizada pelo Objeto de transporte. Este processo atende a relação Meio – Objeto. O sujeito de transporte perceberá os atributos do Meio de transporte de pessoas, para o caso teórico que está em análise. A diferença do que acontece com a percepção das oportunidades, a percepção das desutilidades é dependente da referência e os alcances do levantamento de informações. Neste ponto resulta de muita importância o conhecimento do Sujeito sobre o Meio. Sendo, que os atributos dos serviços e artefatos do Meio percebidos depende do Sujeito de transporte. Levantando uma questão de que nem sempre o Sujeito consegue perceber todas as informações perfeitamente (existe incerteza das condições do Meio de transporte).

Este processo é onde pode-se propor que as tecnologias de informação de qualquer tipo (internet, mídia, aplicativos, etc.) exercem influência na percepção dessas desutilidades. Elas tendem a diminuir o grau de incerteza das informações do Meio de Transporte.

Considerando o proposto por Charypar e Nagel (2005), Vickrey (1969) e Arnott *et al.* (1993). Pode-se escrever a desutilidade de uma viagem para uma atividade s_i :

$$U_{v,s_i} = \beta_{v,mod o(s_i)} \cdot t_{v,s_i} + (\beta_{d,mod o(s_i)} + \alpha_{d,mod o(s_i)}) \cdot d_{v,s_i} + \beta_{transfer} \cdot x_{transfer,s_i} + \beta_{Tic} \cdot x_{Tic,s_i} \quad (28)$$

Onde:

$\beta_{v,mod o(s_i)}$: utilidade marginal de tempo gasto viajando pelo modo de transporte;

t_{v,s_i} : tempo de viagem pelo modo entre a localização das atividades s_i e s_{i+1} ;

$\beta_{d,mod o(s_i)}$: a utilidade marginal da distância pelo modo de transporte;

$\alpha_{d,mod o(s_i)}$: a taxa do custo da distância específica por modo de transporte;

d_{v,s_i} : distancia de viagem entre a localização das atividades s_i e s_{i+1} ;

$\beta_{transfer}$: impedância por transferência em transporte público;

$x_{transfer,s_i}$: variável dummy (0/1) indicando se a transferência foi realizada na anterior e atual viagem entre atividades;

β_{Tic} : proposto como uma utilidade marginal que diminui o grau de incerteza quando é utilizada uma tecnologia da informação (TIC) para perceber as informações;

x_{Tic,s_i} : variável dummy indicando se foi ou não utilizado uma TIC. Se não foi utilizado o valor é 0.

Resume que todo o conjunto de desutilidades PD percebidas é:

$$PD = \sum_{s_i} U_{v,s_i}(t_{v,s_i}, d_{v,s_i}, x_{transfer,s_i}, x_{Tic,s_i}) \quad (29)$$

4.3.2.7 Processo 4: Conjunto de alternativas - planos de atividades

Como o resultado dos dois anteriores processos podem gerar um grande conjunto de alternativas e combinações entre modos e rotas para realizar as atividades, tem que se organizar tudo dentro de uma combinação entre o total dessas utilidades. Para isso, se utilizara o termo de plano de atividade, acorde com as definições de Recker *et al.* (1986). Um plano de atividade será a combinação entre as utilidades entre das atividades e das desutilidades. Dessa forma pode-se escrever:

$$PA_j = (PO_j + PD_j) \quad (30)$$

Onde:

PA_j : Plano de atividades da alternativa j;

PO_j : Percepção de oportunidades da alternativa j;

PD_j : Percepção de desutilidades da alternativa j.

Em termos de utilidades formaliza-se:

$$U_{PA} = \sum_{s_i} U_{s_i}(d_s, w_s, la_s, te_s, g_s) + \sum_{s_i} U_{v,s_i}(t_{v,s_i}, d_{v,s_i}, x_{transfer,s_i}, x_{Tic,s_i}) \quad (31)$$

A diferença do Modelo de Quatro Etapas que primeiro faz uma escolha modal e depois aloca uma rota em função do menor tempo de custo é que os dois processos podem combinar maiores alternativas incluindo a multimodalidade desde a escolha modal, que não é possível realizar no Modelo de Quatro Etapas. Ele considera cada processo separado, mas limitando as alternativas à rede de transporte construída no modelo de simulação. Isso, não permite uma captura da interdependência entre as distintas dimensões de comportamento. Deixando todo como um comportamento linear.

4.3.2.8 *Processo 5: Tomada de decisão – Intenção*

Contudo, até a formulação do processo de alternativas de planos de atividades, ainda se mantém uma abordagem microeconômica sem trazer as contribuições mais importantes da abordagem do Comportamento em Transporte, e das novas propriedades apresentadas no Sujeito de transporte (Quadro 4.3). O sujeito de transporte proposto neste modelo é racional limitado. Isso quer dizer que ele não procura maximizar a utilidade diretamente. Ele vai tomar uma decisão em função também de suas atitudes, crenças, etc. A intenção de acionar o meio de transporte parte da escolha do melhor plano. Mas considerando os outros fatores subjetivos.

Nos estudos levantados na revisão da literatura se considera esse efeito dos aspectos subjetivos diretamente na escolha modal, mas o indivíduo faz mais de uma atividade e uma viagem. Esses fatores subjetivos não afetariam isoladamente a escolha ou decisão. É proposto que os fatores subjetivos ou como é denominado neste trabalho, ação do sistema 1, participa na decisão do melhor plano de atividades. Assim, se mantém a questão que nem sempre a alternativa com maior utilidade é a escolhida pelo Sujeito.

Mas como encontrar o efeito do sistema 1, ou como representar o mecanismo em que o sistema 2 monitora o sistema 1 no processo de tomada de decisão já que o sistema 1 é latente para o indivíduo para o controle do sujeito. Na procura de uma solução para modelar esse processo complexo de tomada de decisão, primeiro propõe-se uma reorganização do modelo proposto por Mcfadden (2014) apresentado na Figura 2.1, para o novo modelo apresentado na Figura 4.10. Nessa Figura apresenta-se um novo esquema de um modelo de processo de tomada de decisão racional limitado.

No novo modelo deste processo aconteceriam as seguintes fases:

- As informações coletadas pelo sistema preceptor são encaminhadas para o Sistema 1 e Sistema 2.
- Ao receber as informações o Sistema 1 ativa de forma automática as atitudes, emoções, preferências, motivações, crenças, em síntese todos os fatores subjetivos através da memória associativa gerando uma resposta rápida de intenção de escolha ou decisão.
- O sistema 2 ao receber as informações começa a monitorar a resposta rápida que o sistema 1 elabora, caso maior dúvida e incerteza o sistema 2 processa de uma forma racional a resposta rápida com as informações recebidas chegando a uma resposta de

intenção ou de decisão ou de escolha. O sistema 2 também ativa a memória para o processo racional.

Para o caso em análise que parte de um estado inicial, onde não existe experiência nenhuma sobre a viagem ou o plano de atividades. A resposta do sistema 1 vai em função de fatores subjetivos (atitudes, emoções, etc.) associados em função das informações percebidas o qual é monitorado fortemente pelo sistema 2. Portanto a escolha do melhor plano considerará os fatores subjetivos na ponderação da probabilidade através de um processo racional de escolha. Mas como essas respostas são imperceptíveis do controle do sujeito de transporte elas são geralmente latentes e limitam o processo racional de escolha.

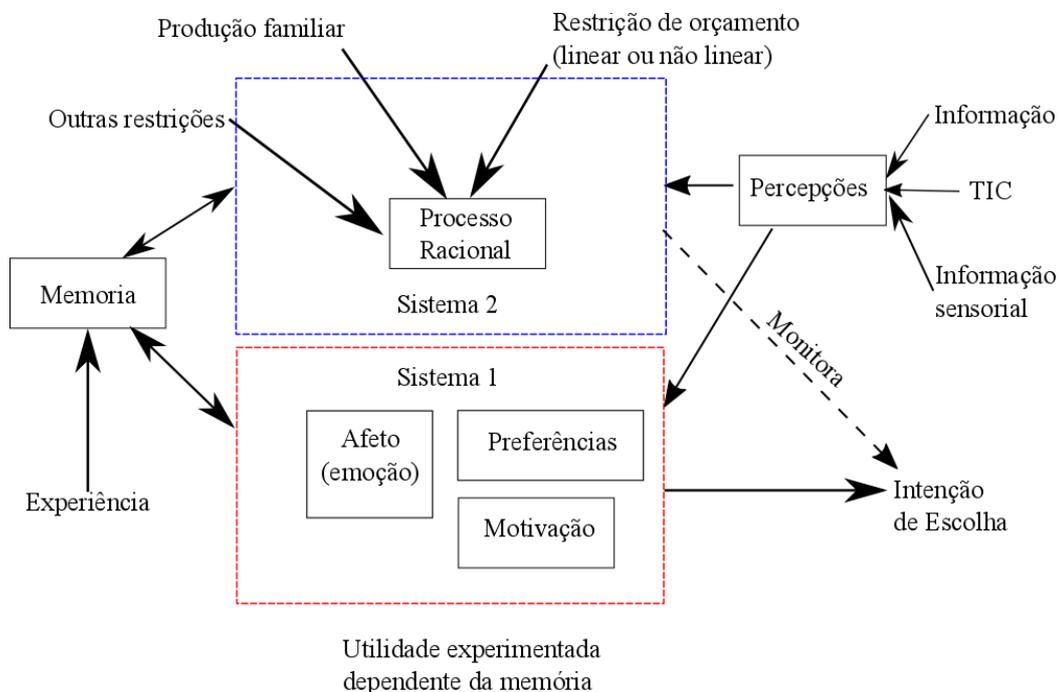


Figura 4.10 Processo mental de tomada de decisão racional limitada. Fonte: Elaboração própria

Propõe-se que o melhor método para chegar ao resultado num processo racional limitado de decisão ou de escolha. É a utilização do modelo de escolha híbrido (*Híbrid choice model*). Esse modelo permite realizar o processo de escolha ou decisão com variáveis latentes (fatores subjetivos). O qual permite descrever o efeito das atitudes, crenças, etc. dentro do processo de tomada de decisão.

Desenvolvido por Walker e Ben-Akiva (2001). O modelo de escolha híbrido segue a seguinte estrutura (Figura 4.11). Onde a inserção de variáveis latentes dentro do modelo de

utilidade permite considerar os efeitos dos fatores subjetivos. A forma de estimação desses fatores subjetivos é realizada através de equações estruturais. Cabe destacar, que as variáveis latentes não são variáveis categóricas, são variáveis que não podem ser mensuradas in situ e precisam de indicadores, mensurados in situ, para estimar seus valores.

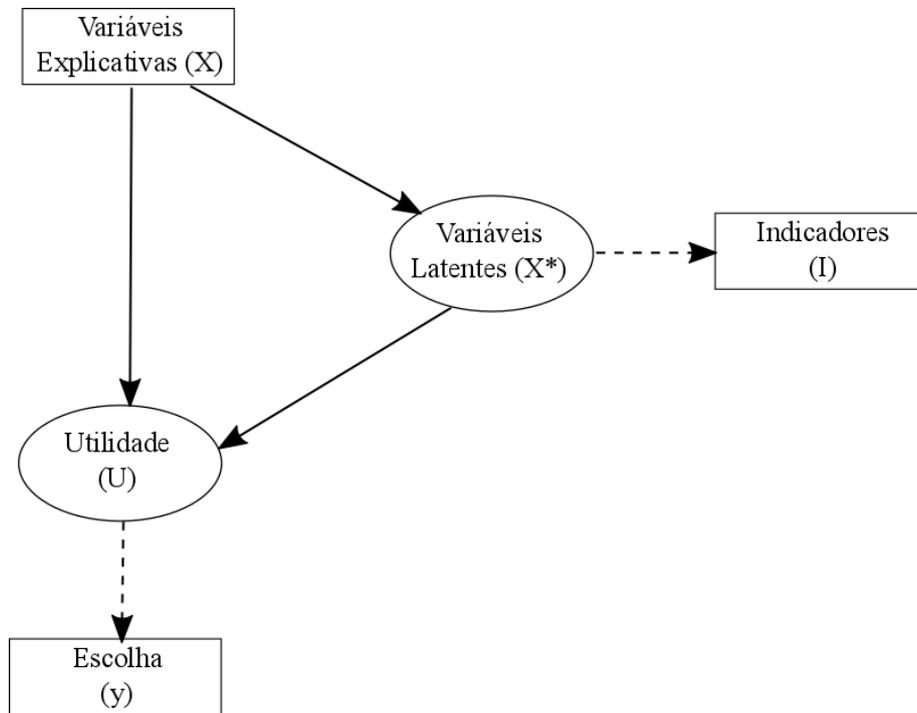


Figura 4.11 Estrutura do modelo híbrido de escolha. Fonte: elaboração própria

Considere-se a seguinte equação estrutural:

$$X_n^* = g_1(A_{x_s}; \gamma) + \omega_{x_s} \text{ e } \omega_{x_s} \sim D(0, \Sigma_\omega)$$

Onde: X_n^* é um vetor de variáveis latentes, A_{x_s} é um vetor de características do sujeito de transporte x_s , ω_{x_s} é um vetor de termos de erro seguindo uma distribuição D com uma matriz de covariância Σ_ω , e γ é uma matriz de parâmetros a ser estimados.

Assim, a estrutura do modelo de utilidade proposto obedeceria a seguinte estrutura que é apresentada na Figura 4.12 e na equação 47:

$$U_n = V(U_{PA}, X_n^*; \beta) + \varepsilon_n \text{ e } \varepsilon_n \sim D(0, \Sigma_\varepsilon) \quad (32)$$

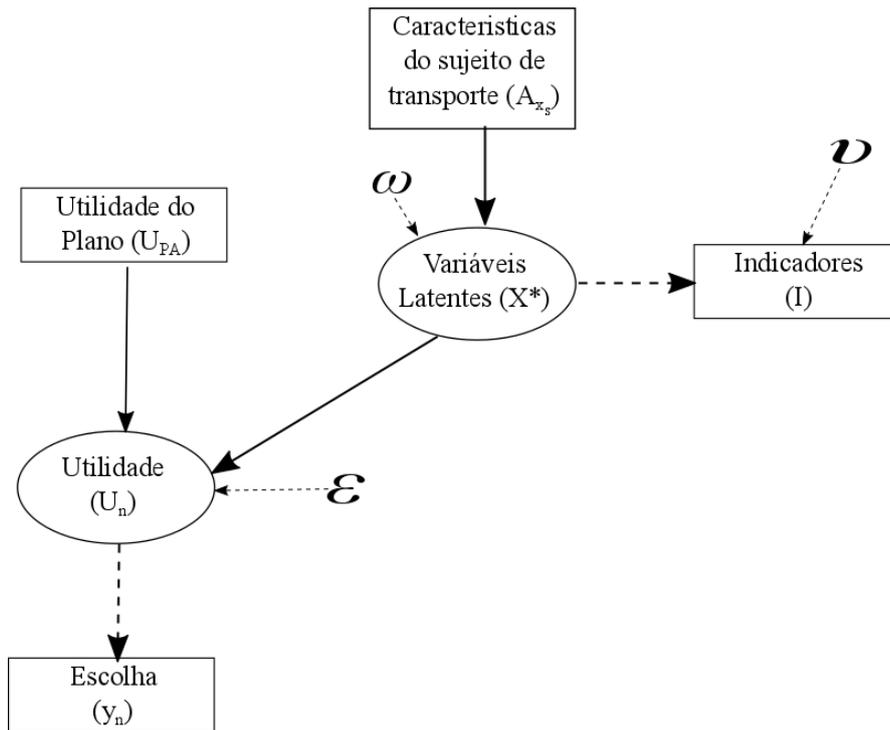


Figura 4.12 Estrutura do modelo de utilidade proposto considerando a racionalidade limitada

Onde: U_n é um vetor que representa o conjunto universal de utilidade de todos os planos a ser considerados pelo sujeito de transporte x_s , U_{PA} é o vetor de utilidade das alternativas de planos, ε_n é um vetor de termos de erro seguindo uma distribuição D com uma matriz de covariância Σ_ε , e β é um vetor de parâmetros a ser estimados.

A equação estrutural para mensurar o modelo de variável latente expressa a distribuição dos indicadores, como apresta a equação 48:

$$I_n = g_2(X_n^*; \alpha) + v_n \text{ e } v_n \sim D(0, \Sigma_v) \quad (33)$$

Onde: I_n é o vetor de indicadores, v_n é um vetor de termos de erro seguindo uma distribuição D com uma matriz de covariância Σ_v , e α é um vetor de parâmetros a ser estimados.

As equações de mensuração do modelo de escolha expressam a escolha como uma função das utilidades:

$$y_{in} = \begin{cases} 1 & \text{se } U_{in} \geq U_{jn} \forall j \neq i \\ 0 & \text{de outra forma.} \end{cases} \quad (34)$$

Onde y_{in} é o indicador de escolher o plano i sobre as outras alternativas de planos j, U_{in} é a utilidade do plano i

A estimação do modelo híbrido seria realizado através de uma máxima verossimilhança simulada. Se as variáveis latentes não estiveram presentes, a probabilidade de escolha $P(y_{in} | U_n) = \sum_{U_{PA_{in}} \subset U_n} P(y_{in} | U_{PA_{in}}) \cdot P(U_{PA_{in}} | U_n)$ poderia ser especificada como uma função de verossimilhança. Como as variáveis latentes estão presentes no modelo híbrido a função será expressada como $P(y_n | X_n^*, U_{PA}, \beta, \Sigma_\omega, \Sigma_\varepsilon)$, mas como essas não são observáveis, o resultado da probabilidade de escolha é obtido pela integração da distribuição das variáveis latentes:

$$P(y_n | U_{PA}, A_{x_s}, \beta, \gamma, \Sigma_\omega, \Sigma_\varepsilon) = \int_{X_n^*} P(y_n | X_n^*, U_{PA}, \beta, \Sigma_\varepsilon) f_1(X_n^* | A_{x_s}, \gamma, \Sigma_\omega) dX_n^* \quad (35)$$

Onde $f_1(X_n^* | A_{x_s}, \gamma, \Sigma_\omega)$ é a função de densidade das variáveis latentes.

Como os indicadores são observáveis, a probabilidade de união (*joint probability*) da escolha e as variáveis latentes escreve-se da seguinte forma:

$$P(y_n | U_{PA}, A_{x_s}, \beta, \alpha, \gamma, \Sigma_\omega, \Sigma_\nu, \Sigma_\varepsilon) = \int_{X_n^*} P(y_n | X_n^*, U_{PA}, \beta, \Sigma_\varepsilon) f_2(I_n | X_n^*, \alpha, \Sigma_\nu) f_1(X_n^* | A_{x_s}, \gamma, \Sigma_\omega) dX_n^* \quad (36)$$

Onde $f_2(I_n | X_n^*, \alpha, \Sigma_\nu)$ é a função de densidade dos indicadores.

Neste modelo híbrido, as densidades das variáveis latentes e dos indicadores são expressadas da seguinte forma:

$$f_1(X_n^* | A_{x_s}, \gamma, \sigma_\omega) = \prod_{l=1}^L \frac{1}{\sigma_{\omega_l}} \phi \left(\frac{X_{ln}^* - A_{lx_s} \gamma_l}{\sigma_{\omega_l}} \right) \quad (37)$$

$$f_2(I_n | X_n^*, \alpha, \sigma_\nu) = \prod_{r=1}^R \frac{1}{\sigma_{\nu_r}} \phi \left(\frac{I_{rn} - X_{ln}^* \alpha_r}{\sigma_{\nu_r}} \right) \quad (38)$$

Onde A_{lx_s} é o vetor das características do sujeito de transporte relacionado a uma das L variáveis latentes, I_{rn} é um dos R indicadores, σ_{ω_l} e σ_{ν_r} são as variâncias dos termos de erro nos vetores ω e ν , α_r e γ_l são os respectivos parâmetros relacionados aos indicadores e as variáveis latentes, e ϕ é a função padrão de densidade normal.

Dado a forma da probabilidade de escolha $P(y_n, I_n | U_{PA}, A_{x_s}, \beta, \alpha, \gamma, \Sigma_\omega, \Sigma_\nu, \Sigma_\varepsilon)$, pode-se indicar a função objetiva como:

$$\max_{\alpha, \beta, \gamma} \sum_{n=1}^N \ln P(y_n, I_n | U_{PA}, A_{x_i}, \beta, \alpha, \gamma, \Sigma_\omega, \Sigma_\nu, \Sigma_\varepsilon) \quad (39)$$

Onde depois da maximização da racionalidade limitada que junta probabilidades entre fatores subjetivos e utilidades das alternativas do plano, é que o sujeito de transporte vai escolher o plano que representaria a intenção de acionar o meio de transporte.

4.3.2.9 *Processo 6: Aciona o Meio de Transporte*

Com a escolha do melhor plano é que o sujeito de transporte aciona o meio para transportar o objeto. Como foi apresentado anteriormente, nesta etapa onde se realiza a mobilidade do objeto de transporte é onde pode-se aplicar melhor o conhecimento da Geografia do Tempo. Um dos resultados ou outputs do Sistema de transporte acionado pelo sujeito é o caminho espaço temporal que realiza o objeto de transporte. O que permite claramente identificar a relação meio – objeto de uma forma a identificar as relações ou interações entre os componentes do Sistema de transporte e o objeto de transporte.

Dentro deste processo, pode-se mencionar que acontece também os elementos emergentes do Sistema de transporte. Na questão do sujeito de transporte acontece uma propriedade emergente que é as atividades não planejadas. O congestionamento no meio de transporte também é outra propriedade emergente durante o este processo. Quando acontecem essas propriedades emergentes também emergem processos ou mecanismos os quais atendem a essas propriedades. Será realizada uma análise sobre essas propriedades no final desta seção.

4.3.2.10 *Processo 7: Utilidade Experimentada da Viagem*

Este processo, resulta ser um dos mais importantes do mecanismo intencional do Sistema de transporte. Na literatura em transporte em geral, sempre foi pesquisado a questão da utilidade da decisão. Estimar a probabilidade da escolha de uma preferência em função dos atributos do modo de transporte ou da rota. Mas, como apresenta este modelo, além de que a estimação da utilidade de decisão é só uma parte de todo o mecanismo, a utilidade da decisão considera premissas ideias e não descreve como se realiza o processo da tomada de decisão.

O que se propõe neste processo é que depois de acionar o meio de transporte e mobilizar o objeto, o sujeito de transporte reflete sobre se os resultados foram ou não satisfatórios para atender suas necessidades ele reflete sobre a utilidade experimentada U_{Et} . No caso específico, seria questionar se o plano escolhido com a utilidade que era prevista para dar satisfação, foi ou não foi satisfatória. A utilidade experimentada é um conceito não

considerado na Abordagem Baseada em Viagens, que pode fazer diferença com o entendimento do Comportamento em Transporte.

A utilidade experimentada U_{Et} seria a avaliação de todo o plano realizado em termos de satisfação. A diferença do processo anterior de tomada de decisão, neste processo o sujeito de transporte não quantifica essa avaliação em termos numéricos. Ele associará a U_{Et} através de emoções ou atitudes (afeto). Uma escala, básica para essa associação da U_{Et} é positivo ou negativo. Para fins práticos utilizaremos a escala de positivo e negativo. Cabe ressaltar que para fins de mensuração da U_{Et} na prática científica, existem ferramentas diversas para mensurar o valor da U_{Et} .

Assim, podemos indicar que a U_{Et} realiza uma contribuição nas próximas decisões do indivíduo e que é um processo que é realizado depois de executado o plano de transporte.

4.3.2.11 Processo 8: Aprendizagem e experiência

Este processo representa a mudança do sujeito de transporte que se encontrava num estado inicial t e agora passa a um estado $t + 1$. Neste processo de mudança o sujeito de transporte realiza os processos mentais de aprendizagem e armazenamento da experiência na memória. Assim, a proposta de que a U_{Et} seja mensurada numa escala de positivo e negativo justifica-se na necessidade de a memória armazenar a U_{Et} . O esforço de armazenar um número que represente o valor da U_{Et} é muito maior para o cérebro humano. Portanto, para ele é mais eficiente armazenar o valor associativo de positivo ou negativo. A questão de ser associativo é porque no momento de ser ativada a memória esse valor associativo atuara pelo sistema 1.

A U_{Et} armazenada na memória será o input do seguinte processo e principalmente permite entender que o sujeito de transporte vai mudando seus estados dia a dia. Este processo também representa a mudança quando o orçamento de 24 horas terminar e começa um novo dia com um orçamento de 24 horas para o sujeito de transporte, isso considerando os conceitos da Geografia do Tempo.

4.3.2.12 Processo 9: Ativação da memória e o comportamento habitual

Neste processo, propõe-se o funcionamento do comportamento habitual. Quando o sujeito de transporte se encontra no estado $t + 1$. Ao momento de pensar nas necessidades que

precisa satisfazer nesse novo estado. Ele ativa o sistema 1 o qual traz a U_{Et} que seria a associação da satisfação negativa ou positiva. Como foi explicado anteriormente, essa resposta do sistema 1 é automática. Assim, o processo funciona da seguinte forma:

- Se a U_{Et} do plano realizado for positiva, o sujeito de transporte automaticamente executará o plano de atividade que foi realizado;
- Se a U_{Et} do plano realizado for negativo, o sistema 2 passa a monitorar o sistema 1 e se repete novamente os processos mentais para escolher um novo plano cuja U_{Et} seja satisfatória;
- Outro caso pode acontecer para entrar novamente nos processos mentais quando se tem uma nova atividade planejada a realizar.

Agora é importante destacar que ainda não existe uma pesquisa que tenha determinado em quanto tempo uma pessoa constrói esse comportamento habitual. Não se considera que o sujeito de transporte em dois dias pode determinar seu hábito em transporte. Porque o parâmetro de referência é U_{Et} que pode ser diferente mesmo escolhendo o mesmo plano realizado. Porque podem acontecer condições diferentes de um estado t ao um estado $t+1$ nos componentes, e ambiente do Sistema de transporte. O comportamento habitual é um processo mais longo, e nesta proposta de modelo teórico, considera-se ao hábito de transporte o equilíbrio de convergência na escolha do plano o qual também converge no valor da U_{Et} . Assim, a mudança no comportamento acontecerá quando exista uma grande perturbação que afete esse equilíbrio.

4.3.2.13 Propriedades emergentes 1: atividade não planejada

As propriedades emergentes são aquelas que acontecem durante ou depois do funcionamento do sistema (Bunge, 2003). Para o caso em análise, a atividade não planejada pode emergir durante o período de tempo que a pessoa aciona o meio de transporte ou quando está realizando uma atividade planejada. Para este caso consideraremos: $Z = \{z_1, \dots, z_n\}$ Subconjunto de atividades não planejadas. A atividade não planejada foge do controle do sujeito de transporte. Assim, quando acontece o equilíbrio do sujeito de transporte atendendo a suas outras necessidades é perturbado e obriga ao sujeito de transporte a realizar um processo mental para atender essa atividade não planejada. Assim, quando emerge a atividade não planejada ela ativa outra propriedade emergente do Sujeito de transporte e um processo emergente.

4.3.2.14 Propriedade emergente 2: Adaptação

Essa propriedade de adaptação emerge em resposta a atividade não planejada. A Adaptação é a capacidade que possui o sujeito de transporte de reagir ante a perturbação da atividade não planejada e procurar o equilíbrio novamente. A adaptação varia em cada pessoa, dependendo muito do conhecimento e das habilidades que ela tinha desenvolvido (Kahneman, 2004). Assim, essa propriedade chama a ativação de um processo emergente dentro do mecanismo intencional.

4.3.2.15 Processo emergente 1: reprogramação da viagem

A reprogramação da viagem pode acontecer de duas formas. A primeira forma se pode considerar quando o sujeito de transporte constrói a utilidade experimentada de todo o plano realizado e caso não tenha sido satisfatório ele procura outros planos a ser aplicados no seguinte estado $t + 1$. E a segunda seria em atenção as propriedades emergentes, para este caso a atividade não planejada.

Para o sujeito de transporte realizar a tomada da decisão da possibilidade de executar ou não esta atividade, o conceito de mensurações de benefício proposto por Burns (1979) e posteriormente expandido por Miller (1999a) será aplicado. As principais premissas a considerar são:

- A atividade não planejada está restrita dentro do tempo disponível restante depois de distribuído nas atividades planejadas;
- Existe a possibilidade de poder realizar essa atividade com outra tecnologia que não requeira o deslocamento do objeto;
- Existe incerteza do melhor local para realizar essa atividade e o custo da distância.

Considerando essas premissas e partindo de Burns (1979) e Neutens *et al.* (2008), escreve-se:

$$B_{x_s,k} = f(a_k, T_k, c_k) \quad (40)$$

Onde:

$B_{x_s,k}$: Benefício da localidade k da atividade não planejada para o sujeito de transporte x_s ;

k: índice das localidades de atividades não planejadas;

a_k : atratividade de k ($a_k \geq 0$)

T_k : intervalo de tempo disponível para participação na atividade no local k ($T_k \geq 0$);

c_k : custo da distância com k.

Adotando uma forma multiplicativa na função de Cobb Douglas e uma função negativa exponencial para o custo c_k , se escreve:

$$B_{x_s k} = a_k^\alpha T_k^\beta \exp(-\lambda c_k) \quad (41)$$

Onde:

α : parâmetro de sensibilidade da atratividade do local k;

β : parâmetro de sensibilidade da duração da atividade no local k;

λ : parâmetro de sensibilidade do custo da distância com k.

Com esta forma funcional multiplicativa pode-se garantir de que nenhuma utilidade será calculada se não existir tempo disponível para participar da atividade no local k. Adicionalmente, a função exponencial negativa reflete a desutilidade de deslocamento do objeto de transporte até o local k. Aplicando a transformação de Wilson (1976) e segundo as recomendações de Miller (1999) e Neutens et al. (2008) a mensuração da acessibilidade aditiva pode se formalizar da seguinte forma:

$$A_{x_s K_{x_s}} = \sum_{k \in K_{x_s}} B_{x_s k} = \begin{cases} 0 & \text{se } (a_k = 0) \text{ ou } (T_k = 0) \\ \sum_{k \in K} \exp(\alpha \ln a_k + \beta \ln T_k - \lambda c_k) & \end{cases} \quad (42)$$

Onde: $A_{x_s K_{x_s}}$ denota a utilidade da acessibilidade no espaço-tempo para o sujeito de transporte x_s quando possui um conjunto de alternativas K_{x_s} . Destaca-se que o sujeito de transporte deriva uma utilidade zero se a_k e T_k igual a 0. Na continuação desta formulação será omitido esses casos.

A seguinte formulação procura entender a decisão que pode derivar de participar ou não de uma atividade discreta no local k com um tempo disponível T_k . O custo da distância é restrito pelo local da atividade $p(x_p, y_p, t_p)$ previa e pelo local da seguinte atividade $h(x_h, y_h, t_h)$.

Da mesma forma o tempo disponível que será denominado agora como orçamento de tempo e_{x_s} entre duas atividades sucessivas p e h do plano de atividades do sujeito de transporte.

Adicionando essas associações na anterior equação e transformando o custo em termos de tempo de viagem t , pode-se escrever a seguinte equação:

$$A_{x_s, K_{x_s}, e_{x_s}} = \sum_{k \in K_{x_s}} B_{x_s, k, e_{x_s}} = \sum_{k \in K} \exp(\alpha \ln a_k + \beta \ln T_{e_{x_s}, k} - \lambda t_{e_{x_s}, k}) \quad (43)$$

para $a_k > 0$ e $T_{e_{x_s}, k} > 0$

Onde:

$$t_{e_{x_s}, k} = t_{pk} + t_{kh}$$

$$T_{e_{x_s}, k} = t_h - t_p - t_{e, k}$$

e_{x_s} = orçamento disponível de atividade/tempo de viagem do sujeito de transporte x_s para realizar uma atividade e uma viagem associada.

Com essa formulação é possível solucionar o problema de uma atividade não planejada. Esse processo denomina-se de reprogramação da viagem. Agora como é possível observar quando emerge a atividade não planejada ela ativa o sistema 2 porque existe incerteza nas informações percebidas. Em função disso, o processo proposto como formulação de mensuração do Benefício espaço-tempo, pode-se chegar a solucionar a tomada de decisão, para o sujeito de transporte participar da atividade não planejada e qual o local onde pode realiza-la.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi realizado a sistematização das teorias do comportamento em Transporte. A aplicação da ontologia de sistema de Bunge rendeu bons resultados na sistematização. Foi possível identificar que existem gargalos dentro da literatura de Comportamento em Transporte. Dentro dos principais gargalos, foi possível identificar que ela atende só uma parte de todo o Sistema de transporte. E também que não todo o mecanismo do fenômeno de transporte tem sido estudado pelo Comportamento de Transporte.

A luz dos resultados encontrados da sistematização, foi construído o modelo intencional de transporte. O qual procura completar esse gargalo no mecanismo que explique o fenômeno intencional de transporte e trazer todas as contribuições das teorias estudadas. Como resultados da formulação teórica do modelo foram construídos novos elementos a considerar no modelo do fenômeno de transporte. O primeiro foi uma nova conceituação do sujeito de transporte o qual foi denominado como sujeito de transporte racional limitado, com propriedades diferentes do utilizado tradicionalmente na abordagem econômica que é o agente econômico racional. Segundo dentro das novas propriedades do sujeito encontra-se o

conceito do processo mental dos dois sistemas. E que a tomada de decisão apresenta fatores subjetivos do sistema 1. Também é proposto o conceito de utilidade experimentada que traz as primeiras abordagens para pesquisar a construção do hábito em transporte. Dentro das formalizações e formulações matemáticas e estatísticas apresenta-se o modelo híbrido e a mensuração do benefício espaço-tempo.

Contudo, ainda existe mais questões a pesquisar do mecanismo intencional do fenômeno de transporte, mas a partir do modelo teórico proposto pode-se partir para novas pesquisas que permitam a operacionalização do mesmo num ambiente de simulação. O próximo capítulo apresentara os modelos de demanda: Modelo de Quatro Etapas e o MATSIM, os quais são utilizados para simular o mecanismo do transporte desde duas abordagens diferentes. Posteriormente, será realizada uma análise comparativa conceitual com o modelo intencional desenvolvido neste capítulo.

5 ANÁLISE COMPARATIVA DA MODELAGEM DE DEMANDA DO TRANSPORTE A PARTIR DA PERSPECTIVA DO MODELO INTENCIONAL

5.1 INTRODUÇÃO

A modelagem de demanda de transporte é uma das áreas mais importantes nas práticas profissional e científica do transporte. Entende-se por modelagem da demanda de transporte como o estudo dos processos intervenientes no comportamento da demanda, a partir de um sistema de oferta de transporte em um estado de equilíbrio. A modelagem da demanda de transporte não limita-se apenas ao estudo de modelos de geração de viagens, como é o foco da Abordagem Baseada em Atividades. Adicional ao processo de geração de viagens, é estudado todo o mecanismo que leva a demanda a se deslocar num determinado modo de transporte e por uma determinada rota.

Na atualidade para prática profissional de transporte a modelagem de demanda é uma das ferramentas mais práticas e aceitas para prever o comportamento da demanda de transporte diante implementações de novas infraestruturas ou serviços na oferta de transporte. O modelo mais aplicado e desenvolvido nesta área é o Modelo de Quatro Etapas (*Four Step Model*) proveniente da Abordagem Baseada em Viagens. Mas mesmo sendo o modelo mais utilizado no âmbito prático, tem recebido críticas ao longo dos anos sobre as premissas adotadas e alguns processos de cálculo.

Tem surgido um novo grupo de experimentos que adotam os modelos baseados em atividades combinados a métodos de alocação dinâmica de tráfego, sendo esses potenciais alternativas ao Modelo de Quatro Etapas. Esse novo tipo de modelos aproveitam do potencial da inteligência artificial, no qual os sistemas Multi agentes (*Agent-based System*) são os mais produtivos. Dois dos sistemas baseados em agentes para modelagem de demanda de transporte com maiores aplicações atuais são: MATSIM, e SUMO. Diferentemente do Modelo de Quatro Etapas, esses sistemas adotam premissas e processos de cálculos pertencentes a abordagem de Comportamento em Transporte.

Diante do exposto, o presente capítulo tem o objetivo de trazer uma análise conceitual sobre o estado da arte da modelagem de demanda, comparando o Modelo de Quatro Etapas com o MATSIM a partir da perspectiva teórica do Modelo Intencional, apresentado no capítulo anterior. Em seguida, será apresentado o instrumento de análise e de comparação.

5.2 INSTRUMENTO DE ANÁLISE E DE COMPARAÇÃO

O presente instrumento de análise visa comparar conceitualmente o Estado da Arte do Modelo de Quatro Etapas com o do MATSIM. Essa comparação permitirá compreender os princípios, ou as premissas, e a forma de desenvolvimento dos processos que fazem parte desses modelos. Esses modelos têm a mesma função, ou seja, simular o funcionamento do Sistema de Transporte, considerando o princípio de equilíbrio entre a demanda e a oferta de transporte, para então estimar (ou prever) a demanda futura e o seu comportamento frente as mudanças no Sistema de Transporte.

Ressalta-se a importância da função desses modelos, que é analisar o funcionamento do Sistema de Transporte. Destaca-se que os dois modelos surgiram de abordagens diferentes, e também distintas da Teoria dos Sistemas que é a base ontológica para o desenvolvimento do modelo intencional, proposto no capítulo anterior.

- Primeiro, será realizada uma análise em função do sistema reduzido que foi formulado anteriormente: $\mu(\sigma_\tau) = \langle \mathcal{E}_{\tau P}, \mathcal{E}_{\tau U}, \mathcal{I}_{\tau S_E}, \mathcal{M}_{\tau D} \rangle$. Nessa primeira etapa também serão analisados e comparados: os componentes do Sistema de Transporte considerados em cada modelo; o Ambiente; as relações de Estrutura; e, o mecanismo que cada modelo implementa para explicar o funcionamento do Sistema de Transporte.
- Segundo, mostrado um quadro comparativo entre os dois modelos, e também o Modelo Intencional proposto no capítulo anterior.

Na segunda parte da análise será apresentada uma simulação com estudo de caso aplicado na cidade de Brasília, no Distrito Federal (DF). Serão comparados os dois modelos de demanda e os seus resultados obtidos para o período pico de manhã de uma matriz de demanda referente ao ano de 2016.

- Primeiro, será transferida a rede de Brasília construída em VISUM para o MATSIM;
- Segundo, a partir da matriz OD do período pico de manhã utilizada em VISUM para o ano 2016 será realizada uma construção de população sintética para aplicar no MATSIM;
- Terceiro, serão realizadas análises sobre os resultados dos fluxos nos arcos das redes.

5.3 O MODELO DE QUATRO ETAPAS

A clássica abordagem de modelar o equilíbrio de um sistema de transporte é separar a região em estudo em zonas de análise de tráfego, as quais estão conectadas através de uma rede de estradas, um sistema de transporte público, ou um tipo diferente de infraestrutura. A questão da modelagem de transporte de estimar a quantidade de fluxo de tráfego que vai ter um respectivo elemento do sistema de transporte (trecho rodoviário, linha de ônibus, etc.) é abordada pela questão de quantas viagens são esperadas para acontecer entre as zonas, e quantas dessas viagens são distribuídas entre as várias opções de conexão. Esse mecanismo desenvolvido pela Abordagem Baseada em Viagens é representado pelo Modelo de Quatro Etapas (Figura 5.1) (Sheffi, 1985; Ortuzar e Willumsen, 2008), o qual apresenta os seguintes processos:

Geração de viagens: Primeiro, é estimada a quantidade de viagens que são produzidas numa zona de análise de tráfego para um período de tempo, comumente considerado como o dia normal de trabalho. Usualmente, é aplicada uma análise de regressão para cada zona de análise em função de seus atributos como número de habitantes, número de empregos, ou renda. A quantidade de viagens produzidas O_i e quantidade de viagens atraídas D_i desde e para a zona i são estimadas tal que $\sum_{i=0}^n O_i = \sum_{i=0}^n D_i$ com n como o número de zonas de análise de tráfego.

Distribuição de viagens: Segundo, é aplicado um modelo de distribuição de viagens, o Modelo Gravitacional, para emparelhar cada viagem produzida de uma zona com uma viagem atraída de outra zona (ou da mesma). O resultado deste processo é a construção de uma Matriz Origem-Destino (O-D), contendo as informações do número de viagens T_{ij} produzidos na zona i e atraídos na zona j , formalizando-se da seguinte forma:

$$\sum_{j=0}^n T_{ij} = O_i \forall i, \text{ e}$$

$$\sum_{i=0}^n T_{ij} = D_j \forall j$$

Escolha modal: Dado que pode existir m modos diferentes de transporte disponíveis para viajar de uma zona i até uma zona j , o total de demanda de viagens T_{ij} é dividido entre esses modos pela aplicação de um modelo de escolha modal. Geralmente, os modelos de escolha discreta são utilizados envolvendo diferentes custos generalizados de transporte para os

diferentes modos. A matriz O-D agora apresenta uma terceira dimensão. O número de viagens da zona i até a zona j com o modo k , T_{ij}^k é calculado dado que:

$$\sum_{k=0}^m T_{ij}^k = T_{ij} \text{ para todas as combinações de } i \text{ e de } j.$$

O modelo de escolha discreta modal mais utilizado é o Modelo Multinomial Logit que segue a seguinte forma:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta V_{iq})}{\sum_{A_j \in A(q)} \exp(\beta V_{iq})}; \text{ onde } V_{iq} \text{ é a utilidade de utilizar um modo de transporte.}$$

Alocação de fluxos: A infraestrutura de transporte geralmente oferece diferentes alternativas de rotas para cada par O-D da matriz. Por exemplo, a sequência de trechos rodoviários de uma rede de estradas para a viagem em carro, ou a sequência de linhas de ônibus/metro no caso de transporte público. Dado l diferentes alternativas de rotas para o modo k , cada viagem é alocada na rota r . A demanda de viagens é agora descrita pela matriz de T_{ij}^{kr} que é o número de viagens da zona i até a zona j no modo m pela rota r , tal que:

$$\sum_{r=0}^l T_{ij}^{kr} = T_{ij}^k \text{ para todo modo } k.$$

Pela importância deste processo no Modelo de Quatro Etapas, a continuação é apresentada a maior detalhe a alocação dos fluxos nos arcos da rede de transporte:

Definição 1: uma rede de transporte é um conjunto de grafos direcionados $G = (N, A)$ onde N é um conjunto de nós (cidades, cruzamentos, etc.) e A é um conjunto de arcos (caminhos). Escreve-se $n := |N|, m := |A|$.

Cada arco $a \in A$ possui uma capacidade de fluxo $\bar{f}^{(a)} > 0$ (máxima capacidade de circulação de veículos no arco por unidade de tempo), como também possui um tempo de viagem livre $\bar{t}^{(a)} > 0$ (o tempo mínimo requerido para atravessar o arco dado uma velocidade permitida)

Os vetores de capacidade e de tempo livre de viagem são:

$$\begin{aligned} \bar{f} &= (\bar{f}^{(1)}, \dots, \bar{f}^{(m)})^T \in \mathbb{R}_+^m \\ \bar{t} &= (\bar{t}^{(1)}, \dots, \bar{t}^{(m)})^T \in \mathbb{R}_+^m \end{aligned}$$

O estado atual da rede é descrito pelo vetor de fluxo $f \in \mathbb{R}_+^m$ (que indica onde os usuários estão dirigindo), e também é descrito pelo vetor de tempo de viagem $t \in \mathbb{R}_+^m$ (que indica o tempo de viagem para os usuários nos arcos na situação atual descrita pelo vetor f).

Definição 2: Dado um conjunto de pares Origem Destino fixos $OD \subset N \times N$. Para cada par $k = (p, q) \in OD$, também é conhecido que um número constante de usuários $d_k > 0$ viaja de uma origem p de k até seu destino q num período de tempo.

Para cada par OD $k = (p, q)$ é descrito por um conjunto de rotas R_k conectando p a q . Cada rota é codificada como $r \in R_k$ pelo seu vetor de incidência $a_r \in \mathbb{R}^m$, como segue o seguinte exemplo:

$$(a_r)_j = \begin{cases} z_j, & \text{se arco } j \in r \\ 0, & \text{se arco } j \notin r \end{cases}$$

Onde z_j é o indicador do arco j na rota (se $z_j > 1$ indica a presença de um ciclo)

Descrevendo com $f_k \in \mathbb{R}_+^m$ o vetor de fluxos que correspondem ao par OD k e com $f_{k,r} \in \mathbb{R}_+^m$ o vetor de fluxos do par OD k na rota $r \in R_k$, escreve-se:

$$f = \sum_{k \in OD} f_k$$

$$f_k = \sum_{r \in R_k} f_{k,r}$$

Contudo, ainda é preciso fazer um pressuposto do comportamento do usuário.

Pressuposto 0: Dado um conjunto de pares OD com as correspondentes demandas, a única ação que os usuários podem realizar é a escolha da rota. Dessa forma, os usuários da rede de transporte não podem suspender a viagem ou mudar de destino.

Definição 3: Dado uma rede G , um fluxo de capacidade \bar{f} , um tempo de viagem livre \bar{t} , um conjunto de pares OD com demandas correspondentes, o problema de alocação de tráfego consiste em encontrar a solução de equilíbrio (f, t) o qual aloca o conjunto dado de usuários satisfazendo a demanda entre origens e destinos fixos e respeita todos os pressupostos particulares do modelo, na procura de atingir os dois princípios de Wardrop:

- Primeiro princípio de Wardrop: Otimização pelo Usuário, estabelece que cada usuário na rede escolhe a rota mais rápida, cada usuário procura minimizar seu próprio tempo de viagem.
- Segundo princípio de Wardrop: Otimização Social, estabelece que o total de viagem, a somatória de todos os tempos de viagens dos usuários na rede, é minimizado.

Para resolver o problema de alocação, segue o processo de solução pela otimização do usuário ou pela otimização social, e sendo que ambas tentam chegar a um equilíbrio de Nash. Mas também tem surgido como um avanço desta abordagem o equilíbrio estocástico, o qual traz a questão da incerteza na rota.

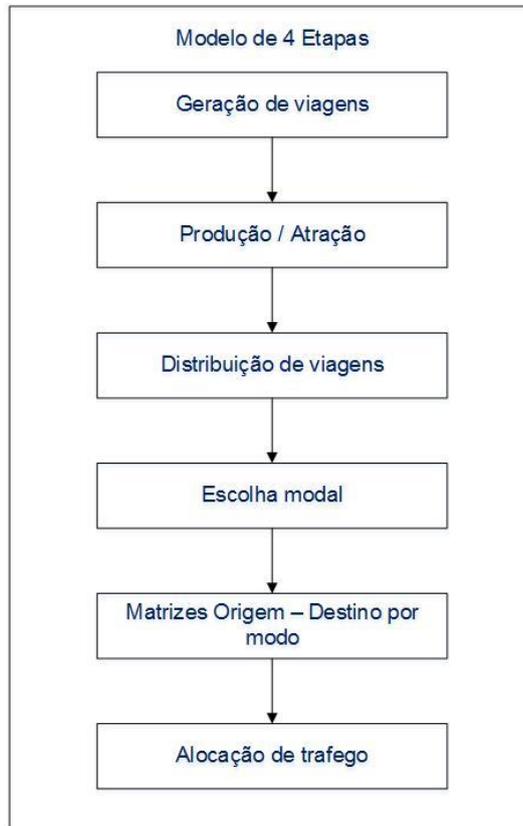


Figura 5.1 Esquema do Modelo de Quatro Etapas. Fonte: Elaboração própria

5.3.1.1 O equilíbrio estocástico

Em diferentes modelos de teoria de jogos é natural de considerar a incerteza no processo de tomada de decisão. Na realidade do transporte não se pode pressupor que os usuários da rede têm uma exata ideia do tempo, ou custo, de cada possível rota que conecta uma origem ao seu destino. A forma de solucionar isso é pressupor que cada usuário na rede estima o tempo de viagem das rotas, por exemplo a percepção é afetada por alguns erros aleatórios. Especificamente, se o usuário tiver que escolher a rota mais curta entre um conjunto de rotas diferentes, cada com um custo de viagem efetivo $c_r^{(real)}$. Então, para os usuários esse valor será afetado por um erro de percepção aleatório $\varepsilon_r \in \mathbb{R}$, portanto, $c_r^{(percebido)} = c_r^{(real)} - \varepsilon_r$. Para resolver isso, é preciso pressupor uma distribuição dos erros ε_r e computar as probabilidades

para as rotas ser escolhidas como as mais curtas (Prashker e Bekhor, 2000). Dessa forma pode-se definir:

Definição 4: O equilíbrio estocástico do usuário, estabelece que cada usuário escolhe sua percebida rota rápida, cada usuário procura minimizar seu tempo percebido de viagem.

Notação: para cada par OD $k = (p, q)$ pode-se fixar um subconjunto \tilde{R}_k de todas as possíveis rotas de p para q e escrever $\tilde{R} = \bigcup_{k \in OD} \tilde{R}_k$. Escolhas comuns e suas respectivas notações são:

R_k = todas as rotas conectando p com q

R_k^l = todas as rotas conectando p com q que consiste em exatamente l arcos

\hat{R}_k^L = todas as rotas conectando p com q que consiste aproximadamente em L arcos

O usuário escolhe um conjunto de rotas \tilde{R}_k . Dado um vetor de tempo t pode se calcular para todas as rotas $r \in \tilde{R}_k$ o custo real como $\langle a_r, t \rangle$. Portanto, é possível definir os erros realizados pelo usuário durante um custo de estimação considerando que seja uma variável aleatória (independentemente e identicamente distribuída) $\varepsilon_r (r \in \tilde{R}_k)$. A distribuição de probabilidade pode ser escolhida entre diferentes possibilidade, exemplo a distribuição Gumbel.

Assim, o custo percebido $c_r(t)$ da rota $r \in \tilde{R}_k$ é definido como o custo real de r menos o erro aleatório:

$$c_r(t) = \langle a_r, t \rangle - \varepsilon_r$$

O usuário não pode mais escolher uma rota de forma determinística, cada rota pode a priori ser candidata a ser a rota curta percebida (desde que $\varepsilon_r \in \mathbb{R}$). Portanto, para cada rota r deve ser calcular a probabilidade de ser percebida como a rota mais curta. Uma definição formal pode ser escrita como:

$$P[r \in \tilde{R}_k | t] = P[c_r(t) = \min_{i \in \tilde{R}_k} c_i(t)]$$

$$P[r \in \tilde{R}_k | t] = P[\langle a_r, t \rangle - \varepsilon_r = \min_{i \in \tilde{R}_k} \{\langle a_i, t \rangle - \varepsilon_i\}]$$

$$P[r \in \tilde{R}_k | t] = P[\langle a_r, t \rangle - \varepsilon_r \leq \langle a_i, t \rangle - \varepsilon_i, \forall i \in \tilde{R}_k]$$

Claramente essa probabilidade depende da distribuição de probabilidade dos erros aleatórios $\varepsilon_i (i \in \tilde{R}_k)$.

Assim, para expressar o fluxo esperado em função do padrão que o usuário vai realizar influenciado pelo erro da percepção, pode-se expressar da seguinte forma dado tempos de viagem t na rota r :

$$f_{k,r}(t) = (d_k \cdot P[r \in \tilde{R}_k | t]) \cdot a_r$$

Portanto, pode se obter:

$$f(t) = \sum_{k \in OD} f_k(t)$$

$$f_k = \sum_{r \in \tilde{R}_k} f_{k,r}(t)$$

Para solução do cálculo da probabilidade geralmente se utiliza o modelo Logit, expresso da seguinte forma:

$$P[r \in \tilde{R}_k | t] = \frac{e^{-\frac{\langle a_r, t \rangle}{\mu}}}{\sum_{i \in \tilde{R}_k} e^{-\frac{\langle a_i, t \rangle}{\mu}}}$$

Assim, a importância da solução do equilíbrio ressalta um fator importante no Modelo de Quatro Etapas, onde esses pressupostos indicam que o Equilíbrio de fluxos é uma propriedade do Sistema de Transporte.

5.3.2 Análises dos elementos do Sistema de Transporte no Modelo de Quatro Etapas

Nesta seção será levantado um quadro comparativo considerando os elementos do Sistema de transporte desenvolvido em função da ontologia de sistemas de Bunge. Para isso o Quadro 5.1 foi elaborado permitindo comparar a concepção dos 4 elementos do Sistema de transporte.

Quadro 5.1 Quadro de análise do Sistema Transporte - Modelo de Quatro Etapas

Elementos do Sistema de Transporte	Modelo de Quatro Etapas
<p>Componentes</p>	<p>O Meio de transporte é representado pelos seguintes componentes:</p> <p>Artefatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representação da infraestrutura para cada modal através de arcos e nós. • Locais de garagem ou pontos de serviço são representados por nós <p>Serviços:</p>

Elementos do Sistema de Transporte	Modelo de Quatro Etapas
	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte público é representado por linhas que são rotas compostas por sequência de arcos e nós. Pessoas: não existe essa representação.
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • O ambiente geralmente é representado por zonas de análise de tráfego com os atributos socioeconômicos para cada zona. O centroide dessa zona representa o ponto de partida e chegada na rede de transporte. • O sujeito de transporte é agregado em pares Origem Destino. • O objeto de transporte é considerado como fluxos agregados de viagens.
Estrutura	<p><u>Estrutura interna:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relações de desempenho entre artefatos da rede de transporte segundo seus atributos (capacidade, saturação, etc.) <p><u>Estrutura externa <i>input</i>:</u></p> <p>Sujeito – Meio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A representação do acesso ao meio de transporte para o agregado de sujeitos de transporte é através do conector entre o centroide da zona de tráfego e um nó da rede. <p>Não considera outras relações com outros elementos dos subsistemas elementos</p> <p><u>Estrutura externa <i>output</i>:</u></p> <p>Meio – Objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos agregados de viagens em cada arco da rede. são estimados os fluxos para cada tipo de objeto transportado. Exemplo fluxo de veículos é diferente do fluxo de passageiros quando se trabalha com transporte público.
Mecanismo	<p>O mecanismo essencial é o processo de quatro etapas sequenciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geração de viagens. • Distribuição de viagens. • Partição modal. • Alocação de fluxos.

Fonte: Elaboração própria.

O Modelo de Quatro Etapas considera os quatro elementos do Sistema de Transporte. Mas realiza algumas simplificações no tocante a representação dos componentes e ao ambiente do Sistema de Transporte. No caso dos componentes, o Modelo de Quatro Etapas considera

a representação dos artefatos: infraestrutura viária e alguns elementos pontuais como pontos de parada, nós e arcos que obedecem a teoria de grafos. Evidentemente, essa simplificação dos componentes serve para atender aos processos do mecanismo.

Sobre a concepção do Ambiente, o Modelo de Quatro Etapas é muito simplista. Agregando atributos dos Subsistemas econômico, cultural, político e familiar dentro de zonas de análise de tráfego. O sujeito de transporte tem duas concepções: na primeira, ele é agregado em pares OD; e, na segunda, para o processo de partição modal e alocação ele é considerado como um agente racional econômico. O objeto de transporte é então representado pelos fluxos de viagens que derivam da rota de um par OD.

Sobre a estrutura do Sistema de Transporte, só é considerada a relação de interação entre os artefatos de infraestrutura viária e veículos. E isso responde às necessidades dos processos desenvolvidos para representar o mecanismo de transporte. As relações externas de *input*, vão acorde com a relação Sujeito – Meio, mas ela é representada pelo elemento denominado de conector, o qual conecta o centroide da zona de tráfego com o nó do arco da rede. As possíveis relações dos outros elementos dos subsistemas do ambiente não são consideradas.

A estrutura externa de *output* fica totalmente representada pela relação Meio – Objeto. Essa torna-se fixa nos fluxos de tráfego em cada arco da rede. Evidentemente, diferentes tipos de objetos são separados em diferentes tipos de fluxo não misturando eles. Por exemplo, os fluxos de veículos e de passageiros não são misturados.

O mecanismo do Sistema de Transporte é representado por os 4 processos chave do Modelo de Quatro Etapas: Geração, Distribuição, Partição modal e Alocação de fluxos. No seguinte item, serão comparados com o modelo teórico intencional proposto.

5.3.3 Análise dos processos do mecanismo do Modelo de Quatro Etapas e o Modelo intencional

Neste item será realizada uma comparação entre os processos do mecanismo descrito pelo Modelo de Quatro Etapas e os processos do Modelo intencional de transporte desenvolvido neste trabalho. Para facilitar essa análise o seguinte Quadro 5.2 foi elaborado considerando as 4 perguntas comportamentais que representa as necessidades das pessoas dentro do Sistema de transporte: Viajar ou não viajar? Aonde viajar? Qual o modo de transporte? Qual a rota?

Quadro 5.2 Quadro comparativo entre processos Modelo intencional – Modelo de Quatro Etapas

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do Modelo de Quatro Etapas
Pressuposto do ser humano modelado	Sujeito de transporte racional limitado com um estado inicial $t=0$.	Usuário racional econômico.
Viajar ou não viajar?	Processo 1 de Formulação de atividades: atende as necessidades do sujeito de transporte, que requerem o deslocamento do objeto. Constrói um conjunto de atividades planejadas.	Processo de Geração de viagens: atende necessidades agregadas dos usuários em função de pares OD.
Aonde viajar?	Processo 2 de percepção das oportunidades: em função do conjunto atividades planejadas. são levantadas as informações de cada atividade (local, duração, etc.) e é realizado um cálculo das utilidades de cada atividade agregando o total da percepção das oportunidades na somatória das utilidades.	Processo de Distribuição de viagens: realiza a distribuição espacial dos pares OD em função da atratividade das zonas de análise de trafego
Qual o modo de transporte?	Processo 3 de percepção das desutilidades: Levanta as informações do meio de transporte para calcular as desutilidades para transportar o objeto a cada atividade. O total da percepção das desutilidades é agregado na somatória das desutilidades para cada atividade.	Processo de Partição modal: calcula as probabilidades da escolha de um modo de transporte em função de sua utilidade. Pressupõe perfeito conhecimento dos atributos do modal
Qual a rota?	Processo 4 conjunto de alternativas – planos de atividades: A somatória das utilidades das oportunidades e a somatória das	Processo de alocação de tráfego: Agrega todos os fluxos nos arcos da rede em função das rotas que atendem os pares OD. Para definição da escolha da rota segue os seguintes 3 equilíbrios:

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do Modelo de Quatro Etapas
	<p>desutilidades são combinadas para conformar as alternativas de planos de atividades que o sujeito pode realizar.</p> <p>Processo 5 de tomada de decisão - Intenção: a probabilidade de escolha do melhor plano é realizada em função do processo entre o sistema 1 e sistema 2 através de um modelo proposto de escolha híbrido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização Social: a escolha das rotas é realizada por um tomador de decisão central, permitindo a colaboração entre usuários para garantir a eficiência do sistema em diminuir o total dos tempos de viagens. • Equilíbrio do usuário: os usuários não têm incentivo para mudar sua rota unilateralmente, atingindo um equilíbrio de Nash. • Equilíbrio estocástico do usuário: os usuários não têm incentivo para mudar sua rota unilateralmente, a qual eles escolheram baseados na sua percepção (possivelmente errada).
<p>Output do Sistema de transporte depois de acionado</p>	<p>Processo 6 Aciona o Meio de transporte: depois de escolher o melhor plano, ele é executado acionando o meio de transporte</p> <p>Processo 7 utilidade experimentada: depois de acionado o meio de transporte existe uma avaliação da experiência sobre se o plano executado foi o não satisfatório. O valor dessa avaliação é em termos de utilidade aleatória a qual é associada em afeto positivo ou negativo.</p> <p>Processo 8 aprendizagem e memória: a utilidade experimentada é armazenada na memória do sujeito de transporte. e neste processo que o sujeito de</p>	<p>Volume de Fluxos de trafego por unidade de tempo em cada arco da rede.</p>

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do Modelo de Quatro Etapas
	<p>transporte passa de um estado $t=0$ a um estado $t+1$.</p> <p>Processo 9 ativação da memória e o comportamento habitual: o sujeito de transporte no novo estado quando tem que atender às suas necessidades ele ativa a memória para trazer a utilidade experimentada do anterior plano executado se for satisfatório ele ativa o comportamento habitual sem ter que realizar novamente os processos mentais.</p>	
Elementos emergentes no Sistema de Transporte	<p>Propriedades emergentes 1: atividade não planejada</p> <p>Propriedade emergente 2: Adaptação, capacidade da pessoa se adaptar ante as propriedades emergentes.</p> <p>Processo emergente 1: reprogramação da viagem – processo mental para avaliar a participação numa atividade não planejada.</p>	Não considera elementos emergentes.
Principal pressuposto comportamental	Propõe-se o equilíbrio da Utilidade Experimentada depois de executado o plano.	Equilíbrio dos fluxos.

Fonte: Elaboração própria

Com base no quadro anterior, percebe-se que existe muita diferença entre os processos do Modelo de Quatro Etapas e o Modelo intencional de transporte. Os processos do Modelo de Quatro Etapas partem de pressupostos comportamentais agregados que não permitem a individualidade dos usuários. Nessa agregação, alguns processos são menos aproximados a

realidade comparados com os processos do modelo intencional. Desse modo, a distribuição de viagens pode assumir pares OD que não vão de acordo com a realidade.

Já abordado nos capítulos anteriores, o processo de escolha modal dentro do Modelo de Quatro Etapas considera que o usuário tem pleno conhecimento dos atributos do modo de transporte. Questão que é considerada errada na prática científica de Comportamento em Transporte. A maior fortaleza dentro do Modelo de Quatro Etapas é o processo de alocação de fluxos, o qual tem evoluído muito e permite algoritmos que proporcionam resultados aceitáveis e aproximados com a realidade. Contudo, o Modelo de Quatro Etapas carece de reconhecer os aspectos subjetivos do indivíduo dentro do mecanismo, e não considera os elementos emergentes que acontecem no Sistema de Transporte. Adicionalmente, que os resultados agregados não permitem atender as outras dimensões comportamentais que são de interesse do planejador de transporte.

5.4 MULTIAGENT SIMULATION FOR DYNAMIC ACTIVITY – BASED TRANSPORT MODELING - MATSIM

O MATSIM é um sistema de simulação de transporte baseado em multi agentes, o qual desenvolve um modelo para representar o mecanismo de transporte diferente do Modelo de Quatro Etapas. A Figura 5.2 apresenta os processos que o MATSIM desenvolve para simular o fenômeno de transporte. Diferentemente do Modelo de Quatro Etapas, o MATSIM trabalha em função de modelos de demanda baseado em atividades e a alocação dinâmica de tráfego. Os processos do MATSIM serão descritos a continuação.

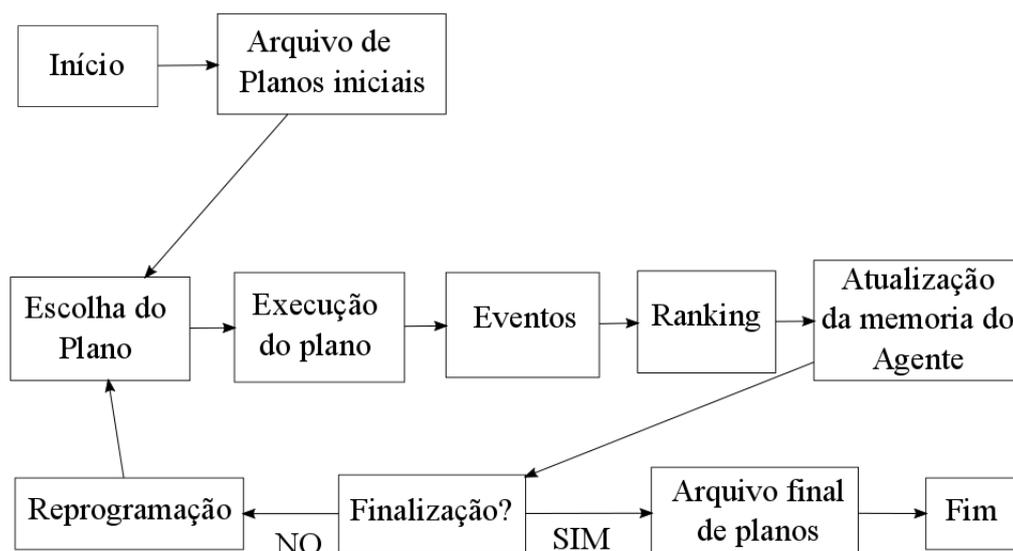


Figura 5.2 Esquema Modelo de Simulação MATSIM. Fonte Elaboração Própria

Arquivo de planos iniciais: o termo “plano” é utilizado para referenciar o conjunto de atividades que o indivíduo tem que realizar. Assim, para cada agente é gerado um plano de atividades inicial. Esses planos podem ser dados coletados ou podem ser gerados em função da população e de dados de uso de solo. O MATSIM compila toda essa informação em um formato padronizado de XML. O resultado desse processo é armazenado no arquivo de planos iniciais.

Escolha do plano: Para cada agente um plano tem que ser escolhido para executar na próxima iteração. Para isso, o processo de simulação oferece duas opções: a primeira, em função de uma escolha automática sem realizar nenhuma avaliação do plano, e a segunda, uma escolha em função de uma avaliação. A primeira é realizada para planos iniciais no começo das iterações.

A segunda forma de escolha, em função de uma avaliação, parte de realizar uma avaliação aos planos que o agente vai realizar ao longo de múltiplas iterações. O valor de avaliação é denominado de *score*, de acordo à terminologia utilizada do algoritmo evolutivo que aplica MATSIM. O *score* é geralmente baseado no atual desempenho do plano de atividade, que é mensurado a partir dos eventos gerados durante a execução do plano. Para fins de interpretação, a avaliação do plano pode ser interpretada em termos da Teoria da Utilidade Aleatória, com seu modelo de utilidade: $U_i^a = V_i^a + \varepsilon_i^a$

Onde U_i^a é a utilidade da alternativa i disponível para o agente a , V_i^a é o componente determinístico que diretamente representa ao *score*, ε_i^a é componente estocástico que representa a incerteza, considerando que ε_i^a é identicamente e independentemente distribuído em Gumbel. Assim, um plano é escolhido em função de uma probabilidade resultante do modelo logit.

$$P(i) = \frac{e^{\beta_{score} V_i}}{\sum_j e^{\beta_{score} V_j}}$$

Onde $P(i)$ é a probabilidade de escolha do plano i do conjunto de planos j na memória do agente, dado um *score* V_j , e β_{score} é o parâmetro de escolha do plano.

Execução do plano/eventos: é o processo onde o plano escolhido é simulado ao longo tempo no modelo que representa o mundo físico (arcos e nós). Para implementação do plano, são considerados condicionantes de limita da infraestrutura nos quais as atividades e a

circulação são desenvolvidos. Isso inclui aos fluxos de capacidade das rodovias e os horários de abertura e de fechamento dos locais de atividades. O resultado da simulação do plano é uma lista de eventos localizados no tempo e no espaço. Esses eventos contém informação sobre o momento que um agente desenvolve uma atividade, viajando, ingressando ou saindo de um arco da rede, etc.

O procedimento para execução do plano é a iteração entre a geração de demanda baseada em atividades e a alocação dinâmica de tráfego. Cabe destacar que, ao contrário do Modelo de Quatro Etapas, os fluxos na realidade são micro simulados por cada agente representado num veículo. Cada trecho rodoviário é representado por um modelo FIFO (*first in – first out*) queue com três restrições. A capacidade do trecho rodoviário é calculada considerando que um veículo requer uma extensão fixa de 7,5 metros. A procura das rotas é realizada em função do algoritmo de Dijkstra dependente de tempo chamado de roteador dinâmico de Dijkstra. O qual gera os caminhos entre cada atividade em função do tempo.

Ranking: Este processo se refere ao ajuste do algoritmo evolutivo que utiliza MATSIM. Essa função de *score* é uma abordagem da utilidade aleatória baseada no trabalho de Vickrey sobre os engarrafamentos, o mesmo melhorado em Chaypar e Nagel (2005).

O escore de um plano de atividade diário é:
$$V_{plan} = \sum_i^n (V_{act,i} + V_{wait,i} + V_{late,i} + V_{travel,i})$$

Onde n é o número de atividades, $V_{act,i}$ é o score de realizar a atividade i , $V_{wait,i}$ é o score de esperar para realizar uma atividade (quando o local da atividade apresenta horários de serviço), $V_{late,i}$ é uma impedância por chegar tarde na atividade, $V_{travel,i}$ é o score de viagem até a atividade.

Atualização da memória do agente: a demanda inicial consiste em um plano de atividade por agente. Cada momento que o agente é selecionado para realizar uma reprogramação, outro plano, é adicionado a sua memória. Um agente pode ao máximo armazenar n_{plans} na sua memória. Esse número é limitado a quantidade disponível de memória no computador. Temporariamente o agente pode manter $n_{plans} + 1$ se foi selecionado para reprogramação na anterior iteração.

Reprogramação: Esse processo é a geração de alternativas de planos de atividades visando refletir nas decisões do agente nas dimensões da geração de demanda baseada em atividades.

A reprogramação é a contrapartida baseada no agente para a realocação de fluxos de tráfego na modelagem do equilíbrio baseada em viagens.

Com uma probabilidade de $p_{replan,m}$, o agente é selecionado para reprogramar pelo módulo de reprogramação m. Esse módulo escolhe um plano aleatório de sua memória, e encaminha uma cópia disso ao módulo de reprogramação. Depois de que essa cópia é modificada pelo módulo de reprogramação, ela é adicionada na memória do agente. A cópia modificada é automaticamente escolhida na próxima iteração. As probabilidades $p_{replan,m}$ podem ter diferentes valores e podem variar de iteração em iteração.

Dois módulos de reprogramação encontram-se implementados no MATSIM. O módulo mutável de alocação de tempo, que modifica a informação de tempo do plano original de atividades em ajustes aleatórios de tempo de partida duração de atividades dependendo do intervalo definido, por exemplo 30 minutos. E o segundo módulo é o Roteador, que gera novas rotas para as viagens em carro, dado o tempo de partida. As rotas são otimizadas para cada viagem individual i.

Finalização: O ciclo de iterações é parado depois que as propriedades do sistema atingem algum critério de parada. Se é realizada uma interpretação desde a perspectiva da utilidade aleatória, o sistema tem que correr até que os agentes não possam mais substancialmente melhorar os valores de *score* dos planos executados. Isso acontece quando o equilíbrio estocástico do usuário baseado em agentes é atingido. Para uma melhor explicação, pode-se interpretar que essa situação é quando a otimização dos planos converge chegando a um equilíbrio do plano que sempre terá o melhor score depois da execução.

5.4.1 Análises dos elementos do Sistema de Transporte no MATSIM

Nesta seção é apresentado um quadro comparativo que considera os elementos do Sistema de transporte desenvolvidos em função da ontologia de sistemas de Bunge (Quadro 5.3).

Quadro 5.3 Quadro de análise Sistema Transporte - MATSIM

Elementos do Sistema de Transporte		MATSIM
Componentes	<p>O Meio de transporte é representado pelos seguintes componentes:</p> <p>Artefatos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representação da infraestrutura para cada modal através de arcos e nós. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Locais de garagem ou pontos de serviço são representados por nós. • Veículos são representados por um agente <p>Serviços:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte público é representado por linhas que são rotas compostas por sequência de arcos e nós. <p>Pessoas: não existe essa representação.</p>
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • O ambiente é representado pelos locais de todas as atividades, a representação gráfica desses locais é o nó. • O sujeito de transporte é representado por um agente. • O objeto de transporte é representado pelo mesmo agente do sujeito de transporte.
Estrutura	<p>Estrutura interna:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relações de desempenho entre artefatos da rede de transporte segundo seus atributos (capacidade, saturação, etc.) <p>Estrutura externa <i>input</i>:</p> <p>Sujeito – Meio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • É considerado os planos de atividade do sujeito que demanda transporte do objeto. E posteriormente considera todos os locais de atividades desse plano. • Não considera outras relações com outros elementos dos subsistemas. <p>Estrutura externa <i>output</i>:</p> <p>Meio – Objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planos de atividades executados e avaliação do desempenho do plano executado.
Mecanismo	<p>O mecanismo essencial é o processo de quatro etapas sequencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arquivo de planos iniciais • Escolha do plano • Execução do plano/eventos • Ranking • Atualização da memória do agente • Reprogramação • Finalização

O MATSIM, da mesma forma que o Modelo de Quatro Etapas, realiza algumas simplificações enquanto a representação dos componentes e o ambiente do Sistema de Transporte. No caso dos componentes, o MATSIM considera a representação dos artefatos: infraestrutura viária e alguns elementos pontuais como pontos de parada, como nós e arcos

que obedecem a teoria de grafos. Mas, ele incorpora os veículos como agentes na rede de transporte permitindo uma micro simulação do tráfego.

Sobre a concepção do Ambiente, o MATSIM trabalha de forma desagregada aos locais de atividades. O sujeito de transporte é considerado como um agente racional, o qual é representado por um agente do sistema Multi agente. Onde suas necessidades é a atenção de atividades.

Sobre a estrutura do Sistema de Transporte, só se considera a relação de interação entre os artefatos de infraestrutura viária e veículos, isso responde às necessidades dos processos desenvolvidos para representar o mecanismo de transporte. As relações externas de *input*, vão acordo com a relação Sujeito – Meio, onde as necessidades do sujeito de transporte são representadas por planos de atividades que requerem o deslocamento do objeto, que é o mesmo agente do sujeito de transporte.

A estrutura externa de *output* apresenta todo o plano executado, trazendo a visualização do tour que realizou o agente e também o listado de eventos que foram gerados durante a execução do plano. Outro ponto importante é a avaliação do plano, permitindo uma reprogramação da viagem para a próxima iteração.

O mecanismo do Sistema de Transporte é representado por 7 processos chave Arquivo de planos iniciais, Escolha do plano, Execução do plano/eventos, Ranking, Atualização da memória do agente, Reprogramação, Finalização.

5.4.2 Análise dos processos do mecanismo do MATSIM e o Modelo intencional

Neste item será realizada uma comparação entre os processos do mecanismo descrito pelo MATSIM e os processos do Modelo intencional de transporte desenvolvido neste trabalho. Para facilitar essa análise o seguinte Quadro 5.4 foi elaborado considerando as 4 perguntas comportamentais que representa as necessidades das pessoas dentro do Sistema de transporte: Viajar ou não viajar? Aonde viajar? Qual o modo de transporte? Qual a rota?

Quadro 5.4 Quadro comparativo entre processos Modelo intencional – MATSIM

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do MATSIM
Pressuposto do ser humano modelado	Sujeito de transporte racional limitado com um estado inicial $t=0$	Agente racional

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do MATSIM
Viajar ou não viajar?	Processo 1 de Formulação de atividades: atende as necessidades do sujeito de transporte que requerem o deslocamento do objeto. Constrói um conjunto de atividades planejadas.	Arquivo de planos iniciais: é o levantamento das informações do plano de atividades que o agente tem que realizar. Onde se encontra os horários, tipo de atividade e os locais aonde tem que se deslocar o agente. Se não for diretamente coletado em campo, pode-se aplicar os dados da população e os modelos de uso de solo para inferir esse plano de atividades.
Aonde viajar?	Processo 2 de percepção das oportunidades: em função do conjunto atividades planejadas são levantadas as informações de cada atividade (local, duração, etc.) e é realizado um cálculo das utilidades de cada atividade agregando o total da percepção das oportunidades na somatória das utilidades.	
Qual o modo de transporte?	Processo 3 de percepção das desutilidades: Levanta as informações do meio de transporte para calcular as desutilidades para transportar o objeto a cada atividade. O total da percepção das desutilidades é agregado na somatória das desutilidades para cada atividade. Processo 4 conjuntos de alternativas – planos de atividades: A somatória das utilidades das oportunidades e a somatória das desutilidades são combinadas para conformar as alternativas de planos de atividades que o sujeito pode realizar.	Escolha do plano: para cada agente um plano de atividades tem que ser escolhido. Isso pode ser realizado de forma automática ou através de uma avaliação. O valor da avaliação é definido por um <i>score</i> em função da utilidade que possui o plano. Os planos dependendo da situação podem ser variáveis em cada iteração até convergir num plano otimizado. O MATSIM aplica um algoritmo evolutivo para implementar o cálculo do valor de <i>score</i> em cada iteração.
Qual a rota?		

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do MATSIM
	<p>Processo 5 de tomada de decisão - Intenção: a probabilidade de escolha do melhor plano é realizada em função do processo entre o sistema 1 e sistema 2 através de um modelo proposto de escolha híbrido.</p>	
<p><i>Output</i> do Sistema de transporte depois de acionado</p>	<p>Processo 6 Aciona o Meio de transporte: depois de escolher o melhor plano, ele é executado acionando o meio de transporte</p> <p>Processo 7 utilidade experimentada: depois de acionado o meio de transporte existe uma avaliação da experiência sobre se o plano executado foi o não satisfatório. O valor dessa avaliação é em termos de utilidade aleatória a qual é associada em afeto positivo ou negativo.</p> <p>Processo 8 aprendizagem e memória: a utilidade experimentada é armazenada na memória do sujeito de transporte. e neste processo que o sujeito de transporte passa de um estado $t=0$ a um estado $t+1$.</p> <p>Processo 9 ativação da memória e o comportamento habitual: o sujeito de transporte no novo estado quando tem que atender às suas necessidades ele ativa a memória para trazer a utilidade</p>	<p>Execução do plano/eventos: o plano escolhido é posteriormente executado registrando eventos desenvolvidos, como as atividades realizadas e suas durações. Também é feita uma análise onde é calculado as utilidades e as desutilidades resultado da execução do plano. Isso, posteriormente é agregado no valor de score que demonstra o desempenho do plano executado</p> <p>Ranking</p> <p>Atualização da memória do agente: O <i>score</i> do plano executado é armazenado na memória do agente. Onde a capacidade de armazenamento da memória está em função da memória do computador.</p> <p>Finalização: equilíbrio estocástico do usuário baseado no agente é atingido. Não existe mais mudanças substanciais no plano executado. Dessa forma o ciclo de iteração é parado.</p>

Pressupostos de comportamento	Processos do Modelo Intencional de Transporte	Processos do MATSIM
	experimentada do anterior plano executado se for satisfatório e ativa o comportamento habitual sem ter que realizar novamente os processos mentais.	Reprogramação: Caso ainda não se tenha atingido o equilíbrio estocástico do usuário baseado no agente. Dois módulos são ativados para reprogramar as viagens realizadas no plano, modificando-o para novamente retornar ao processo de escolha do plano.
Elementos emergentes no Sistema de Transporte	Propriedades emergentes 1: atividade não planejada Propriedade emergente 2: Adaptação, capacidade da pessoa se adaptar ante as propriedades emergentes. Processo emergente 1: reprogramação da viagem – processo mental para avaliar a participação numa atividade não planejada.	Não considera elementos emergentes do Sistema de Transporte
Principal pressuposto comportamental	Propõe-se o equilíbrio da Utilidade Experimentada depois de executado o plano	Equilíbrio estocástico do usuário baseado no agente

Fonte: Elaboração própria.

A comparação entre o MATSIM e o Modelo Intencional demonstra que não existe muita diferença entre a estrutura dos processos utilizados para descrever o mecanismo do Sistema de Transporte. Alguns pressupostos comportamentais apresentam diferenças, como o agente racional econômico, e que a tomada de decisão segue o modelo de utilidade racional ignorando fatores subjetivos nesse processo. Mas a estrutura dos processos que compõem o MATSIM permite expandir as análises a diferentes níveis comportamentais, além da alocação de fluxos nos arcos.

A reprogramação que realiza o MATSIM não responde a um processo emergente como o proposto no Modelo Intencional, senão ao processo iterativo para procurar a otimização dos planos. Assim, o maior pressuposto comportamental do MATSIM é o equilíbrio estocástico dos usuários baseado no agente onde eles atingem o plano de atividades otimizado, e as iterações são finalizadas. Esse pressuposto comportamental é a contraparte do MATSIM ao equilíbrio estocástico do usuário do Modelo de Quatro Etapas.

5.5 SIMULAÇÕES COMPARATIVAS ENTRE OS DOIS MODELOS

Nesta segunda parte da análise realizada é apresentado uma aplicação de simulação para o caso da cidade de Brasília, DF. Essa será simulada pelos dois modelos de demanda MATSIM e o Modelo de Quatro Etapas incorporado na plataforma de simulação VISUM e será feita uma análise dos resultados obtidos em cada modelo. A razão de aplicar uma simulação é para comparar se existe muita diferença nos resultados gerados pelo MATSIM comparado ao Modelo de Quatro Etapas, porque MATSIM parte de uma abordagem de Comportamento em Transporte. Assim, o MATSIM é uma nova geração de modelos de demanda que é contraparte do Modelo de Quatro Etapas. Como a estrutura do MATSIM é similar a estrutura do Modelo Intencional de Transporte, será possível visualizar as possibilidades de operacionalização com casos reais. Primeiro, será explicado o método de aplicação e os dados utilizados. Segundo, será apresentada a análise dos resultados.

5.5.1 Método de aplicação e dados utilizados

Nesta seção descreve-se de forma objetiva os dados e o método utilizado para realizar a simulação nas mesmas condições nos dois modelos, dessa forma não se pode gerar viés na execução das simulações.

5.5.1.1 Dados e informações

Os dados utilizados foram obtidos a partir do Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal – PDTU/DF de 2010 da cidade de Brasília e seu entorno. A matriz de transporte em carro utilizada foi projetada para o ano 2016 em função das matrizes 2010 e 2020 do PDTU/DF de 2010 para o horário pico de manhã de um dia útil. A rede de transporte utilizada para simulação foi atualizada da versão do PDTU/DF de 2010. A rede (Figura 5.3) possui 8412 arcos, 2695 nós. As zonas de tráfego não receberam modificação nenhuma, apresentando um total de 416 zonas de tráfego em análise. As mesmas representam o DF inteiro e algumas cidades importantes do entorno.

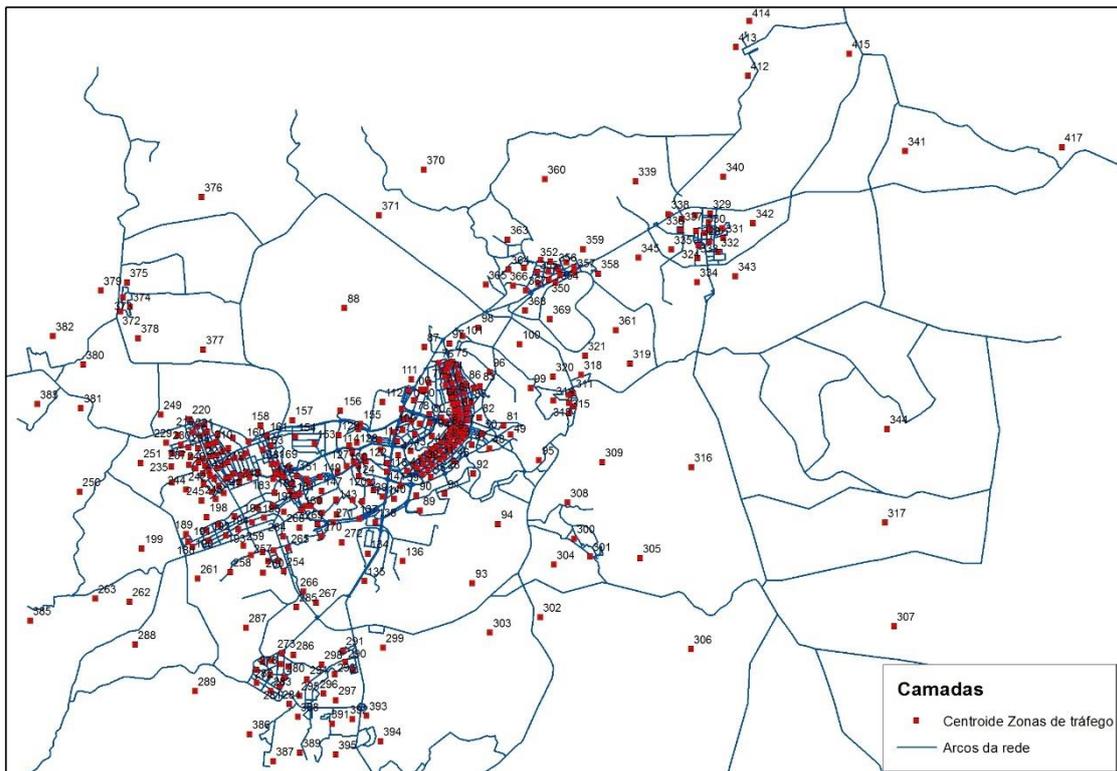


Figura 5.3 Rede de transporte para simulação. Fonte: Elaboração própria

5.5.1.2 Método de aplicação

Existe muita diferença na forma de inserir os dados entre os dois modelos. O MATSIM trabalha com arquivos XML, e por isso não permite a importação direta de arquivos geográficos ou de outros formatos. Assim, foi realizada uma série de conversões de informações para a inserção das mesmas entre os dois modelos, com fins de realizar comparações entre os resultados gerados.

Conversão da rede

A conversão da rede foi feita através de outra plataforma de Sistemas de informação Geográfica (SIG), exportando do VISUM a rede de transporte a ser utilizada. Posteriormente, foi elaborado um script para transformar a rede de VISUM ao sistema de coordenadas que o MATSIM utiliza (sistema de coordenadas cartesiano), e transformar os nós e arcos da rede original de VISUM preservando seus identificadores para, posteriormente, comparar os resultados da simulação. O resultado foi a transformação da rede no formato requerido pelo MATSIM de XML. Essa rede, quando colocada no visualizador de MATSIM, apresenta uma formatação mais reta nos arcos na visualização. Porque o MATSIM trabalha com uma rede matemática na qual só considera as coordenadas dos nós e a extensão do arco (Figura 5.4).



Figura 5.4 Rede de transporte convertida para o MATSIM. Fonte: Elaboração própria

Conversão da demanda

A matriz de carros para hora pico de manhã do ano 2016 foi utilizada na simulação. Para os propósitos desta análise, essa matriz de demanda aplicada ao VISUM teve que ser convertida em população de agentes cujo plano de atividades pudesse ser interpretado na demanda da hora pico de manhã e que seja aproximado com a matriz de demanda. Para isso, foram seguidos os seguintes passos:

População sintética: o número total de viagens produzidas em cada zona foi considerado como o número de motoristas de carros particulares que moram nessas zonas. É pressuposto para fins da simulação que todas as viagens do horário pico de manhã são baseadas na residência, e que todos os agentes apresentam iguais padrões de atividades.

Localização das residências: como foi explicado, o MATSIM considera a geração de viagens em função das atividades. Assim, a utilização dos centroides no MATSIM pode gerar alguns problemas quando as zonas de tráfego são muito adensadas. Se todos os agentes partem exatamente do mesmo local na zona de tráfego (centroide), isso causará uma onda de congestionamento não natural propagada à partir desses centroides. Para solucionar esse problema, foram geradas as localizações residenciais em cada zona de tráfego à partir dos dados geográficos das quadras levantados no PDTU/DF de 2010. Foi extraído o centroide geométrico de cada quadra para coletar as coordenadas como locais de residências em cada

zona de tráfego (Figura 5.5). Para identificar as zonas e as quadras que pertencem a ela, foi feito um processo de *overlay* no SIG. Durante a geração da população sintética, cada agente é alocado aleatoriamente nos locais de residência correspondentes a sua zona. Cada local de residência é posteriormente utilizado ao arco mais próximo. Para o caso onde as zonas apresentam nenhuma ou uma quadra, foi considerado só o centroide já que se pressupõem que essas zonas geram pouca demanda de viagens durante o período pico. No caso do Plano Piloto, não foram consideradas como locais de residência as quadras correspondentes aos setores de comércio e trabalho.

Localização dos locais de trabalho: além de considerar aqueles locais gerados no passo anterior, que correspondem a atividades comerciais, foram gerados os locais de trabalho em função de um raio desde o centroide igual ao 70% da distância com o centroide vizinho mais próximo.

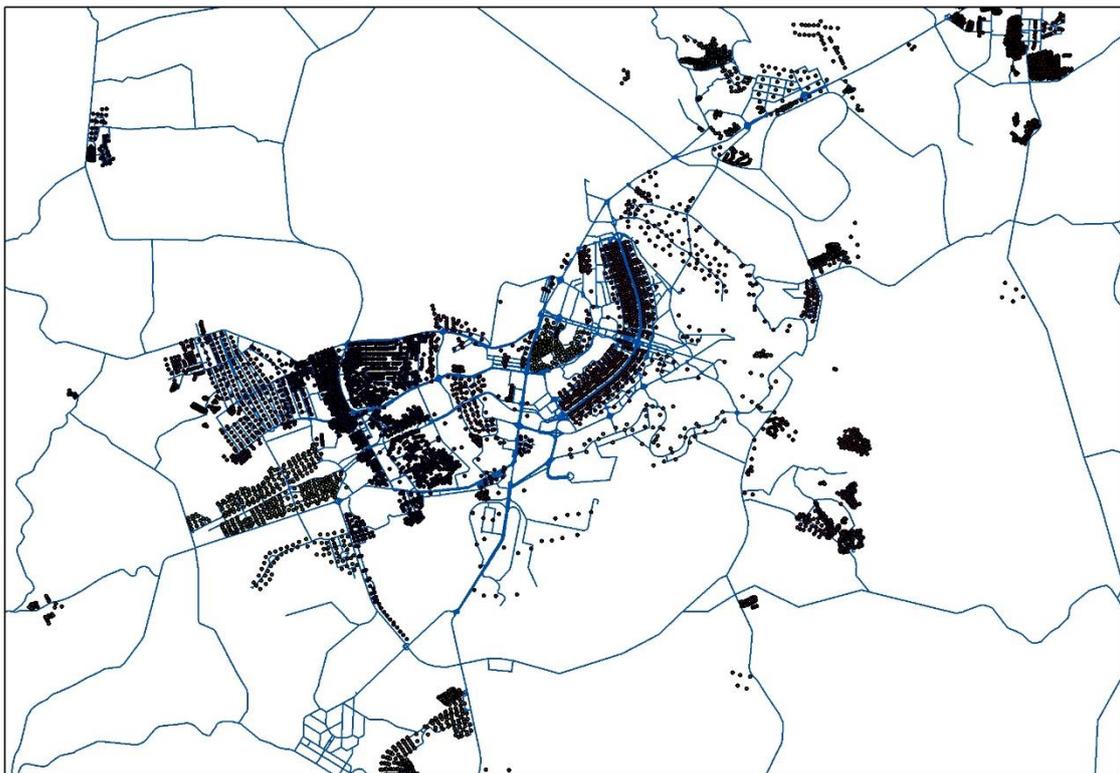


Figura 5.5 Localização das residências para as zonas de tráfego. Fonte: Elaboração própria

Geração de planos de atividades: depois que cada agente foi alocado a um local de trabalho, os horários foram compilados. Pressupõe-se que todos os agentes partem de sua residência às 07:30 horas, segundo uma coleta de campo de contagem no setor noroeste de Brasília onde a hora pico de manhã foi identificada de 07:30 – 08:30 horas.

Comparação com dados de pesquisa de contagem

Para auxiliar na avaliação dos resultados, uma contagem veicular realizada no setor noroeste de Brasília foi utilizada para avaliar a aproximação dos resultados simulados com dados observados (Figura 5.6). Cabe destacar, que os pontos de contagem foram poucos, assim, essa análise não pôde generalizar os resultados de ajuste para todos os arcos de Brasília.



Figura 5.6 Pontos de contagem setor Noroeste - Brasília. Fonte: Elaboração própria

5.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As simulações no MATISM e no VISUM chegaram a, respectivamente, 107 e 19 iterações. Os resultados do MATSIM foram extraídos em volume de fluxos nos arcos para comparar os resultados com o VISUM. As simulações foram realizadas para um horário pico de 07:30 a 08:30 horas de manhã, e para um dia útil do ano 2016 da cidade de Brasília. Os resultados gerais gerados pelo VISUM e pelo MATSIM são apresentados nas Figura 5.7 e Figura 5.8, respectivamente. Considerando que as pessoas realizam uma viagem de residência para o trabalho.

A geração dos mapas dos fluxos simulados para VISUM e MATSIM foi realizado dentro de uma plataforma SIG, já que o MATSIM não conta com um visualizador que permita fazer edições de desenho nos resultados. No primeiro momento, os resultados visuais não apresentam muitas diferenças quando comparados nos mapas. Mas existe diferença enquanto

aos fluxos nos arcos da rede o valor máximo de carregamento num arco da rede no VISUM foi de 11170 veh/hr e no MATSIM foi de 11063 veh/hr. O valor mínimo no VISUM foi de 0 veh/hr e no MATSIM foi de 1 veh/hr.

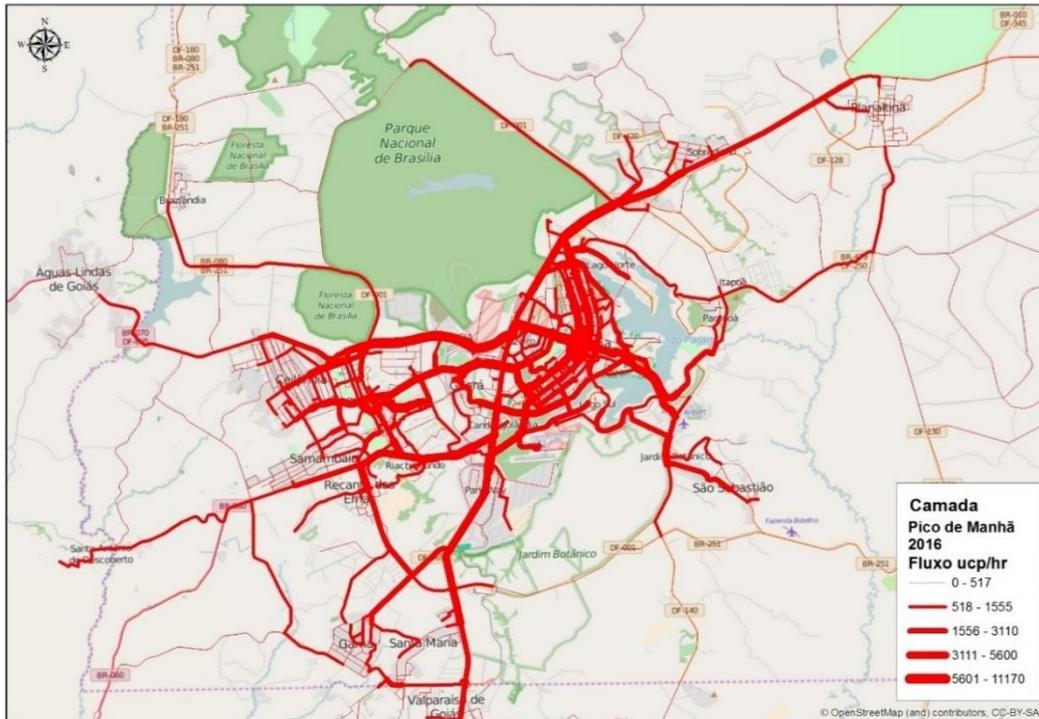


Figura 5.7 Resultados da simulação VISUM. Fonte: Elaboração própria

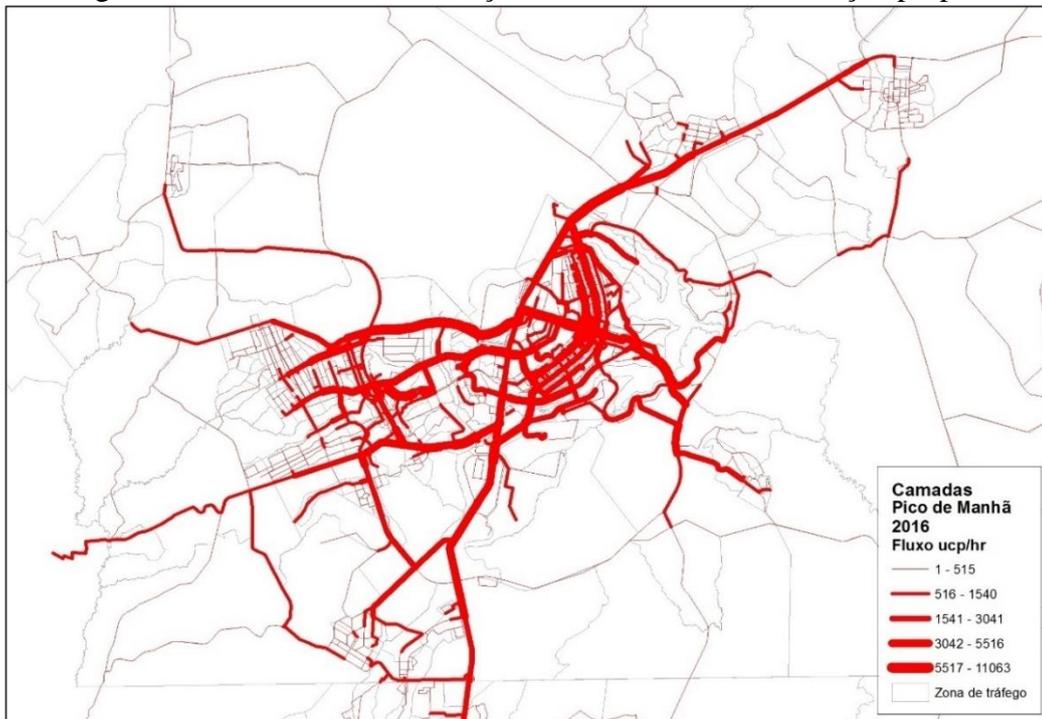


Figura 5.8 Resultados da simulação MATSIM. Fonte: Elaboração própria

O total de demanda estimado pelo VISUM foi de 5.146.286 veículos, e pelo MATSIM foi 4.672.514 veículos. Se comparado ao VISUM, embora o MATSIM apresentasse menos veículos estimados ele não teve grandes diferenças nos corredores principais de Brasília.

Sobre a avaliação dos fluxos simulados comparados com os fluxos coletados em campo, o VISUM apresentou uma média de erro relativo de 11,87% na alocação e estimação dos fluxos. O MATSIM apresentou um valor um pouco maior de média de erro relativo de 12,22% na alocação e estimação dos fluxos.

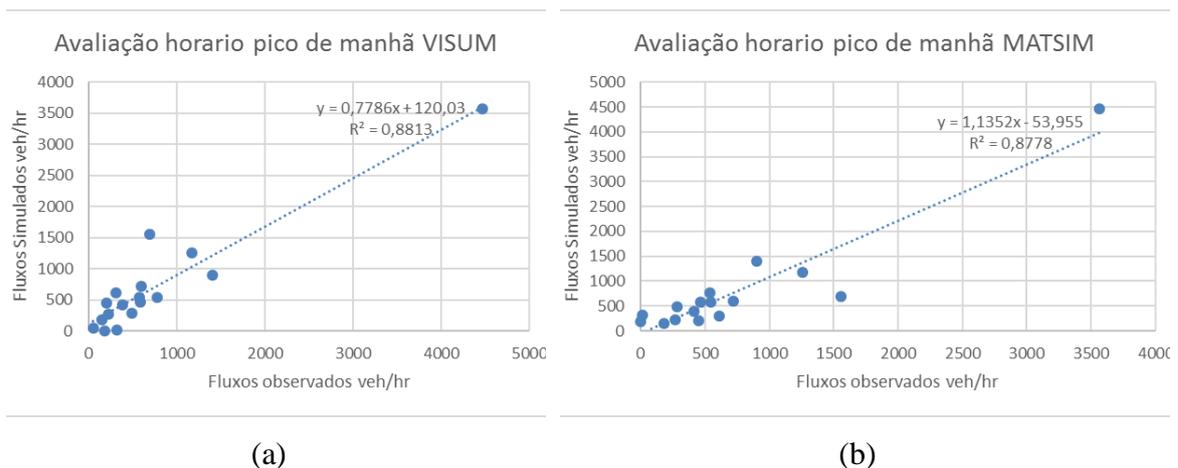


Figura 5.9 Comparação de fluxos simulados com fluxos observados da coleta de campo (a) VISUM e (b) MATSIM

Para comparar os fluxos em todos os arcos simulados por VISUM e MATSIM, foi realizada uma normalização dos fluxos, já que o total de volume simulado é diferente em cada modelo. Uma vez realizada essa normalização, foi construída a Figura 5.10 que apresenta a comparação dos fluxos normalizados. Não existe muita diferença nos fluxos simulados nos arcos de maior capacidade, mas à medida em que a capacidade diminui nos arcos, maiores diferenças apresentam-se nos volumes simulados. Isso pode ser, porque os agentes no MATSIM procuram pela disponibilidade de capacidade em rotas secundarias no intuito de evitar o congestionamento. Essa característica, permite inferir que o MATSIM simule um comportamento humano mais real.



Figura 5.10 Comparação de fluxos simulados em cada arco entre VISUM e MATSIM (a) Total analisado; (b) aproximação visual na escala.

5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conceitual do Modelo de Quatro Etapas demonstra que ele cobre os principais elementos do Sistema de Transporte. Mas, deixa outros elementos, como o caso das relações de outros elementos dos subsistemas do ambiente, fora de seu modelo. Contudo, o Modelo de Quatro Etapas demonstrou-se robusto para usar a função que é estimar viagens futuras no sistema de transporte em função de necessidades agregadas. Os processos que representam o mecanismo do Modelo de Quatro Etapas atendem aos principais pressupostos comportamentais das necessidades no Sistema de Transporte. Mas, esses processos seguem uma linha de pensamento racional econômico, fixando o comportamento do ser humano no Sistema de Transporte, distante da realidade.

Para o caso do MATSIM, esse conceitualmente também cobre os principais elementos do Sistema de Transporte. Mas deixa alguns elementos fora de seu modelo, como caso das relações de outros elementos dos subsistemas do ambiente. Os processos que representam o mecanismo do MATSIM apresentam uma abordagem completamente diferente aos processos do Modelo de Quatro Etapas, mas similar ao proposto no Modelo Intencional de Transporte. Dessa forma, a simulação no MATISM fica mais próxima a realidade do comportamento humano. Mas, esses processos também seguem o pressuposto racional econômico do Modelo de Quatro Etapas, desconsiderando os pressupostos do Modelo Intencional de Transporte. Em todo caso, conceitualmente o MATSIM significa um grande avanço nos modelos de demanda de uma abordagem baseada no comportamento individual dos agentes.

No caso da simulação, foram consideradas condições especiais para realizar a comparação entre o Modelo de Quatro Etapas implementado no *software* de simulação VISUM e o MATSIM. A simulação foi realizada para um horário pico da manhã para o tráfego de carros, sem considerar transporte público nem o tráfego de veículos de carga. Em função dos resultados encontrados, pode-se concluir que o MATSIM produz resultados mais próximos a realidade que o Modelo de Quatro Etapas. Já que MATSIM considera o efeito de congestionamento dependente do tempo na rede, o qual o Modelo de Quatro Etapas pressupõe que os fluxos de tráfego acontecem em todos arcos de forma simultânea.

Sobre os resultados comparados com contagens coletadas em campo, a média do erro relativo do MATSIM foi ligeiramente maior ao do Modelo de Quatro Etapas. Isso, indica que os resultados estimados de fluxos para esses pontos de contagem são satisfatórios, tal qual os estimados pelo Modelo de Quatro Etapas. Pelo observado na comparação dos fluxos estimados o MATSIM representa o mecanismo de transporte tão bem como o Modelo de Quatro Etapas.

Mesmo que o MATSIM represente uma nova geração de modelos de demanda e simulação de sistemas de transporte, ele ainda segue alguns pressupostos da economia racional como o Modelo de Quatro Etapas. Contudo, a partir da abordagem do MATSIM é possível vislumbrar as possibilidades de operacionalizar o Modelo Intencional de transporte em futuras aplicações. Ademais, o MATSIM é uma plataforma aberta e livre, o que facilita o desenvolvimento de novos API e módulos dentro dele.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, são apresentadas as principais conclusões e recomendações obtidas a partir do alcance dos objetivos propostos no trabalho. Inicialmente, são apresentadas algumas condicionantes negativas do desenvolvimento da pesquisa. Em seguida, são apresentadas as principais conclusões, e um resumo das contribuições para a abordagem de Comportamento em Transporte. E finalizando o capítulo, são expostas algumas recomendações para futuras pesquisas relacionadas ao tema de trabalho.

6.1 CONDICIONANTES NEGATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O objetivo do presente trabalho foi unificar as distintas teorias presentes na abordagem de Comportamento em Transporte. No início do desenvolvimento da pesquisa, optou-se por seguir uma visão holística para integração dessas Teorias. Mas, embora os instrumentos utilizados fossem interessantes, durante o desenvolvimento dessa tentativa não foi possível desenvolver um produto concreto. Apresentou-se o problema de uma generalização das teorias utilizadas sem poder padronizar os conceitos como se estava esperando no alcance deste trabalho. A visão holística para unificar as teorias não estava adequada para poder apresentar um produto concreto. Então, a decisão de pesquisa foi tentar aplicar a visão sistemática e a ontologia de Mario Bunge, e assim dar continuidade ao trabalho desenvolvido por Magalhães (2010).

Outra condicionante negativa encontrada foi o crescimento desorganizado de trabalhos relacionados ao Comportamento em Transporte no tocante a utilização de conceitos e ontologias. Durante o levantamento da literatura de Comportamento em Transporte, analisou-se uma grande quantidade de artigos acadêmicos referentes ao tema. O advento da prática científica no Comportamento em Transporte demonstra que há um crescente interesse por parte de pesquisadores sobre o assunto. Contudo, nesses trabalhos os temas e teorias são muito diversos, e isso dificulta a categorização de referências da literatura. Muitos dos artigos acadêmicos declaram-se ser parte da abordagem de Comportamento em Transporte, mas não explicam de que forma podem ser categorizados dentro dessa abordagem e de que forma contribuem na literatura, limitando-se a ser mais experimentos empíricos.

Isso corrobora o exposto no início desta tese, que o Comportamento em Transporte se encontra atomizado na prática científica de transporte, cada vez sendo mais especializado e

subdividido com resultados que ficam mais concentrados na análise quantitativa de ajustes estatísticos sem trazer novas contribuições ou discussões sobre a literatura de Comportamento em Transporte. E, principalmente não existe um consenso sobre os conceitos e definições entre os pesquisadores, já que autores apresentam termos, conceitos e definições diferentes, e isso dificulta o progresso nessa área do conhecimento. Inclusive, destaca-se que ainda não existe uma definição certa do que seja Comportamento em Transporte, já que cada pesquisador apresenta uma definição própria desse conceito.

Contudo, ao aplicar a ontologia de Bunge foi possível padronizar os conceitos e definições de forma a facilitar a integração das distintas Teorias identificadas no Comportamento em Transporte, em função da revisão da literatura.

6.2 CONCLUSÕES

A seguir são apresentadas as conclusões obtidas ao final do desenvolvimento dessa tese.

6.2.1 Sobre o desenvolvimento e formalização do critério de classificação em A-Composição e A-Ambiente para transporte

Sobre este objetivo específico, foi dada uma continuidade ao trabalho de Magalhães (2010), que constatou uma dificuldade para a classificação da A-Composição e A-Ambiente, já que o transporte é um sistema de limites indiscerníveis.

Para realizar essa classificação, foi proposta uma solução considerando o modelo ontológico Sujeito – Meio – Objeto. O modelo ontológico explica o fenômeno de transporte, mas também ele indica a função que cumpre o Sistema de Transporte, ou como foi definido neste trabalho, de Sistema de Transporte. O sujeito aciona o meio para transportar o objeto. Assim, classificar esses elementos em função da A-Composição e A-Ambiente facilita o exercício de classificar os componentes e os elementos do ambiente.

O meio de transporte foi classificado como a Componente. Assim, pode-se classificar os elementos da seguinte forma:

- Que elementos podem ser considerados como artefatos que cumprem uma função no meio de transporte?
- Que elementos podem ser considerados como sujeito de transporte que não são parte de um sistema de transporte?

- Que elementos podem ser considerados como objeto de transporte que não são parte do sistema de transporte?

Dessa forma, em função do conceito ontológico, os elementos do componente e do ambiente foram classificados. A diferença do proposto por Magalhães, é que considera-se que existe um subgrupo que foi denominado de serviços, além de pessoas e artefatos no meio de transporte. Porque as pessoas e artefatos no Meio de transporte podem trabalhar de forma isolada, mas existe um conjunto de pessoas e artefatos que trabalham de forma organizada, o que é considerado como um serviço. Por exemplo, um serviço de transporte público, que não surge isoladamente entre pessoas e artefatos, mas é organizado. Isso também permite estender o estudo da estrutura interna do meio de transporte, no qual existem relações internas entre as pessoas e os artefatos nesses serviços.

Depois de definida essa classificação, foram feitas formulações a partir da linguagem ontológica estabelecida por Bunge, que permitem generalizar os critérios de A-Composição e A-Ambiente para, posteriormente, classificar distintos casos de estudo. Evidentemente, a dificuldade de formalizar a ontologia sem sair do que foi realizado por Bunge é grande. Assim, outra contribuição desta é que a formalização foi complementada com o conhecimento da matemática discreta.

Realizada essa formalização, a classificação foi aplicada nas teorias de Comportamento em Transporte consideradas como as mais utilizadas na prática científica, categorizando-as. O resultado demonstra que muitas teorias não abordam todo o sistema de transporte em termos ontológicos. Ou no caso da Teoria Racional da Utilidade, que só aborda alguns atributos dos quatro elementos.

Portanto, após a categorização constatou-se que a abordagem de Comportamento em Transporte atua num sistema reduzido de transporte, especificamente sistema de transporte de pessoas. Essa questão chama a atenção a que Comportamento em Transporte não pode se focar só numa parte do Sistema de Transporte, considerando que os alcances limitados da abordagem não permitirão chegar a soluções que possam ser aplicados na realidade, porque só estamos percebendo uma parte do problema e não o sistema como um todo.

6.2.2 Sobre a formalização da ideia de Mecanismo do transporte

A formalização da ideia de mecanismo do transporte também é uma contribuição ao trabalho desenvolvido por Magalhães (2010). O Mecanismo é um dos elementos mais importantes de

um sistema de transporte, toda vez que este explica como é que o sistema funciona. Dentro do trabalho realizado por Bunge, não existe uma formalização do mecanismo do sistema. Justificou-se que o mecanismo é específico de cada sistema, e por isso não pode ser generalizado para todos os sistemas. Pode existir mais de um mecanismo dentro de um sistema, mas só existe um mecanismo essencial que faz o sistema funcionar.

Em função da leitura sobre o tema, é proposto que o mecanismo é um conjunto de processos que podem ser paralelos, mas sempre mantem uma ordem entre eles. Isso, devido a que cada processo muda o estado do sistema. Essa ideia foi adequada para aplicar na formalização do sistema de transporte para realizar a categorização das teorias. A categorização indica que o Comportamento em Transporte não tem conseguido descrever o mecanismo do sistema de transporte, além de só dos processos de geração de viagens e escolha modal. Mas, a Abordagem Baseada em Viagens desenvolveu o Modelo de Quatro Etapas que tenta explicar todo o mecanismo do sistema de transporte.

Surge uma grande discussão sobre os processos e sua formalização, a qual pode ser realizada por formulação matemática ou formulação de algoritmos. Mas nem sempre uma equação descreve todo o processo se não está relacionado com todo o conjunto dos processos do mecanismo. Um processo isolado não explica nada. Assim, a formalização do mecanismo do sistema de transporte foi realizada com a construção do modelo intencional de transporte em função da sistematização do Comportamento em Transporte.

6.2.3 Sobre a análise dos instrumentos utilizados para representação de modelos de demanda e simulação de sistemas de transporte

Dois instrumentos de modelos de demanda e simulação foram analisados no capítulo 6, o Modelo de Quatro Etapas na plataforma VISUM e o MATSIM. O primeiro resultado da análise conceitual indicou que ambos modelos consideram de uma forma simplificada a composição do sistema e o ambiente de transporte. No caso do Modelo de Quatro Etapas, esse agrega o ambiente em zonas de análise de tráfego. E o MATSIM desagrega o ambiente em locais de atividades. Assim, não consideram o ambiente na sua totalidade. O grande trunfo destes modelos está no mecanismo desenvolvido para explicar o funcionamento do sistema de transporte. Ambos apresentam um modelo de processos robustos que partem de teorias e conceitos que tentam satisfazer os pressupostos do comportamento humano no sistema de transporte.

Comparado com o Modelo Intencional de Transportes, o Modelo de Quatro Etapas apresenta as maiores diferenças em seus processos que representam o mecanismo de transporte. Ao contrário, o MATSIM apresenta maiores similaridades na estrutura de seus processos. Contudo, o MATSIM ainda mantém os pressupostos da economia racional na execução de seus processos. Mas, apresenta que a inteligência artificial dos agentes pode apresentar comportamentos próximos da realidade humana. O que já deixa evidente que uma forma de operacionalização do Modelo Intencional de Transporte pode ser através da plataforma de simulação de MATSIM.

Dentre as principais diferenças entre os mecanismos dos três modelos, destaca-se o pressuposto do comportamento humano. O Modelo de Quatro Etapas considera o agente racional econômico, o MATSIM considera o agente racional, e o Modelo Intencional de Transporte propões o sujeito de transporte racional limitado. Dessa forma, os processos respondem de formas diferentes a esse pressuposto comportamental. Em função disso, são levantados os pressupostos que são fundamentais em cada modelo: o Equilíbrio do Usuário para o Modelo de Quatro Etapas, Equilíbrio estocástico baseado no agente para o MATSIM, e é proposto o conceito de Equilíbrio da utilidade experimentada para o Modelo intencional de Transporte.

A análise das simulações realizada entre VISUM e MATSIM demonstrou que o MATSIM consegue simular com um erro relativo ligeiramente maior do que o VISUM. Isso indica que o MATSIM pode ser utilizado no planejamento de transporte também fora da pesquisa acadêmica. Essa, análise foi realizada para demonstrar como a nova geração de modelos de demanda podem ser utilizados na prática de planejamento de transporte em casos dados reais. Dessa forma, responde-se a susceptibilidade que muitos profissionais podem ter de modelos diferente do tradicional Quatro Etapas. Destaca-se que o MATSIM mostrou um melhor desempenho na simulação do comportamento humano, se comparado ao realizado no VISUM. E também permite uma análise a maior profundidade das dimensões comportamentais.

A única desvantagem do MATSIM é poder computacional que precisa e o tipo de informações que são necessárias para realizar o input dos dados. O MATSIM exigem um maior detalhamento acerca das viagens realizadas. Contudo, essa análise permitiu vislumbrar as possibilidades do caminho para operacionalizar o Modelo Intencional de Transporte

6.2.4 Sobre o objetivo geral: Sistematizar as Teorias de Comportamento em Transporte para desenvolvimento de um modelo teórico, aderente a natureza intencional do fenômeno de transporte

A aplicação da ontologia de sistema de Bunge foi um caminho que permitiu sistematizar as teorias de Comportamento em Transporte e desenvolver um modelo teórico aderente a natureza intencional do fenômeno de transporte, o que é o produto desta tese de doutorado. Dentro das contribuições que podem ser levantadas sobre o produto desenvolvido, pode-se indicar:

Primeiramente foi detectado depois da sistematização das Teorias de Comportamento em transporte que esta abordagem só atua sobre uma dimensão de todo o sistema de transporte. Ela atua sobre o transporte de pessoas, o que pode parecer obvio, mas isso gera uma discussão sobre os alcances desta abordagem. Porque, o sistema de transporte atua como um todo, e não separa o transporte de pessoas do transporte de cargas. Assim, no intuito de resolver os problemas que acontecem no sistema de transporte, a abordagem comportamental só chega a uma parte dos problemas e considera que o restante não é da sua área. Isso é cometer um erro sistemático, porque as incertezas a ser encontrada nas pesquisas podem derivar da outra dimensão não pesquisada.

Acredita-se que seja necessário que Comportamento em Transporte explore a outra dimensão de transporte de carga. Porque, o sujeito de transporte de carga também é humano e sua tomada de decisão nem sempre segue uma racionalidade econômica. Com base, nisso foi possível identificar também que o Comportamento em Transporte não tem conseguido desenvolver um modelo robusto que descreva o mecanismo do sistema de transporte.

A partir do modelo intencional de transporte, observa-se que os processos que descrevem o mecanismo são interdependentes entre si. No caso da atual pratica científica em Comportamento em Transporte, existe uma falência ao se especializar e focar num só processo tentando explicar todo o fenômeno observado. A especialização pode ser boa para aperfeiçoar ferramentas de análise, mas sem conhecimento teórico de toda a estrutura de processos o que não puder ser explicado na análise será entendido como um erro aleatório. Assim, o modelo teórico intencional pode subsidiar lacunas teóricas encontradas numa análise específica sobre um processo.

O modelo teórico desenvolvido traz o conceito de mecanismo intencional, porque a intenção dentro do cérebro humano deriva de todos os processos mentais da tomada de decisão. Assim o processo de tomada de decisão entre o sistema 1 e sistema 2 vai de acordo com o proposto por Azjen, Kahneman e McFaddem, trazendo um tópico de pesquisa muito importante e pouco explorado na atual prática científica de transporte.

Outra contribuição importante do produto desta tese é o conceito de equilíbrio da utilidade experimentada. A discussão sobre este tema pode ser o primeiro caminho para entender o fenômeno do hábito, que sempre foi o foco no comportamento em transporte. O desenvolvimento desse conceito vai de encontro com as pesquisas de Kahneman, Vos *et al.* (2015). A utilidade experimentada é o valor que resulta da avaliação do plano executado ou da viagem realizada. A diferença com o proposto no MATSIM que calculou um valor de *score*. Para o modelo intencional, é calculado um valor em função de uma escala de satisfação. Essa escala seria baseada em valores de percepção positiva ou negativa. Porque, o cérebro humano requer muito esforço e espaço para ir armazenando diariamente um valor numérico.

Nessa proposta, o sujeito de transporte avalia o plano executado e associa a utilidade experimentada com a escala de satisfação de positivo e negativo, o que é mais fácil de armazenar e de recuperar na memória. Toda vez que a pessoa precisa realizar uma viagem, o plano diário de atividades a realizar, o cérebro automaticamente ativo essa utilidade experimentada pelo sistema 1. Agora, o existe um paradigma de quanto tempo leva a uma pessoa a fortalecer essa utilidade experimentada para realizar o comportamento habitual. Não seria de um dia para outro. No primeiro estado inicial o sujeito de transporte escolhe o melhor plano, o executa e depois avalia e armazena a utilidade experimentada. Ao dia seguinte ele tem maior possibilidade de realizar o mesmo plano porque foi satisfatório, caso não tenha sido satisfatório voltará a realizar o processo de escolha do melhor plano. Só quando o sujeito experimenta essa satisfação por um longo tempo, é que o hábito de realizar o mesmo plano todos os dias se torna automático.

Dessa forma, para nossa concepção do mecanismo intencional do transporte é que a principal função do mecanismo intencional é chegar a um equilíbrio da utilidade experimentada.

Esse novo conceito desenvolvido com o modelo intencional pode ser uma contribuição válida para a abordagem de Comportamento em Transporte, porque permite uma nova área de pesquisa a qual tenta se aproximar o comportamento complexo de realidade humana.

Assim, o Modelo Intencional de Transporte traz a sistematização das mais importantes teorias de Comportamento em Transporte para explicação do mecanismo do sistema de transporte. A seguinte etapa de pesquisa será operacionalizar o modelo teórico para constatar se o proposto pode ser verificado com a prática científica de transporte. E, principalmente incentiva a área acadêmica a prosseguir com a formalização de uma teoria de Comportamento em Transporte.

6.3 RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho levanta uma série de novos temas e aspectos que podem ser explorados futuramente. Alguns a ser:

- Operacionalização do modelo intencional de transporte desenvolvido;
- Exploração da abordagem de Comportamento em Transporte para estudo do transporte de cargas e de logística;
- Estudo da utilidade experimentada em transporte;
- Desenvolvimento de uma propedêutica atualizada e transdisciplinar para pesquisa e ensino em Transporte;
- Estudo das atitudes implícitas no sistema 1 e seu impacto na tomada de decisão em transporte;
- Pesquisa de instrumentos adequados à representação de modelos de sistemas de transporte.

7 BIBLIOGRAFIA

Alves, B. B. (2014). O comportamento de viagens de acesso a aeroportos considerando a confiabilidade do tempo de viagem. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Allman, M. J.; Teki, S.; Griffiths, T. D.; Meck, W. H. (2014). Properties of the internal clock: first-and second-order principles of subjective time. *Annual review of psychology*, 65, 743-771.

Ariely, D. e Loewenstein, G. (2000). The importance of duration in ratings of, and choices between, sequences of outcomes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 508–523.

Arruda, F. S. (2005). Aplicação de um modelo baseado em atividades em uma cidade brasileira. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, EESC, Brasil.

Avineri, E. e Prashker, J.N. (2004). violations of expected utility theory in route-choice stated-preferences: the certainty effect and inflating of small probabilities. In: *Proceedings 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC.

Avineri, E. e Prashker, J.N., (2005). Sensitivity to travel time variability: travellers' learning perspective. *Transp. Res. C* 13, 157–183.

Avineri, E. e Prashker, J.N. (2006). The impact of travel time information on travellers' learning under uncertainty. *Transportation* 33, 393–408.

Arentze, T. e Timmermans, H. (2000). *ALBATROSS: A Learning-Based Transportation Oriented Simulation System* (Eindhoven: EIRASS).

Axhausen, K.W. e Gärling, T. (1992). Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models, and research problems. *Transport Reviews*, 12, pp. 323-341.

Azjen, L. (1991). The Theory of planned behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, 50, 179-211.

Baird e Zhao (2013). *Nudging' Active Travel: A Framework For Behavioral Interventions Using Mobile Technology*. Working paper. MIT. USA.

Bhat, C.R. (2005). A multiple discrete-continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions. *Transp. Res. B* 39 (8), 679–707.

Ballas, D. e Tranmer, M. (2012). Happy people or happy places? A multilevel modeling approach to the analysis of happiness and well-being. *Int. Reg. Sci. Rev.* 35(1), 70–102

Batty, M. (1976). *Urban Modelling*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Becker (1965). "A Theory of the Allocation of Time." *The Economic Journal*, 75(299) 493-517.
- Beck, M.; Chorus, C.; Rose, J.M.; Hensher, D.A. (2013). Random regret and random utility in the household purchase of a motor vehicle. In: *Proceedings Annual TRB Meeting*, Washington, DC, USA.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Bergstad, C.J.; Gamble, A.; Gärling, T.; Hagman, O.; Polk, M.; Ettema, D.; Olsson, L.E. (2011). Subjective wellbeing related to satisfaction with daily travel. *Transportation* 38(1), 1–15
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75, 1–28.
- Boroditsky, L. e Ramscar, M. (2002). The roles of body and mind in abstract thought. *Psychological Science*, 13, 185–188.
- Bos, I.; Ettema, D.F.; e Molin, E.J.E. (2004). Modeling the Effect of Travel Time Uncertainty and Traffic Information on the Use of Park and Ride Facilities, *Transportation Research Record*, 1898, pp. 37-44.
- Brereton, F.; Clinch, J.P.; Ferreria, S. (2008). Happiness, geography and the environment. *Ecol. Econ.* 62(2), 386–396
- Bronfenbrenner, U (1979). *The ecology of human development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bronfenbrenner, U (1989). Ecology systems theory. In: R. Vasta (Org), *Annals of Child Development* (Vol. 6, pp. 187-249). Greenwich: Jay.
- Bronfenbrenner, U (1994). Ecological models of human development. In: Husten T.; Postelethwaite T. N. (Orgs.), *International encyclopedia of education* (pp. 1643- 1647). Elsevier Science, New York.
- Bronfenbrenner, U (1996). *A ecologia do desenvolvimento humano: Experimentos naturais e planejados*. Artes Médicas, Porto Alegre, Brasil.
- Bronfenbrenner, U. e Morris, P. A. (1998). The ecology of developmental process. In: LERNER, R. M. (Org.). *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development*. 5. ed. p. 993-1028. New York: John Wiley and Sons.
- Bronfenbrenner, U (1999). Environments in developmental perspective: theoretical and operational models. In Friedman, S.L.; Wachs, T. D. (Org.), *Measuring environment across the life span: Emerging methods and concepts* (pp. 3-28). Washington, DC: American Psychological Association.

Bunge, M. A. (1979). *Treatise on Basic Philosophy – Ontology II: A World of Systems*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Bunge, M. A. (2003). *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*. University of Toronto Press. Canada.

Bunge, M. A. (2004). *How Does It Work? The Search for Explanatory Mechanisms*. *Philosophy of the Social Sciences*, Vol. 34 No. 2

Burns, L.D., (1979). *Transportation, Temporal, and Spatial Components of Accessibility*. Lexington, MA: Lexington Books.

Bowles, S. e Gintis, H. (2011). *A cooperative species: Human Reciprocity and Its Evolution*. Princeton Press. NJ.

Carranza, S. (1984). “Lógica y Dialéctica”. Ed. Juventud. La Paz. Bolivia.

Castells, M. (1974). *La cuestion Urbana*. Madrid: Siglo veintiuno editores S.A.

Cervero, R. (1991). *Land Use and Travel at Suburban Activity Centers*. *Transportation Quarterly*, 479-91.

Chai, Y.W., Liu, Z.L., Li, Z.R., Gong, H., Shi, Z.H., Xu, Z.Q., 2002. *Spatial–Temporal Structures of Chinese Cities*. Peking University Press, Beijing (in Chinese).

Chapin (1965). *Urban Land Use Planning*. 2d edition. Urbana; IL: The University of Illinois Press.

Chliaoutakis, J. E.; Koukoulis, S.; Lajunen, T.; Tzamalouka, G. (2005). *Lifestyle traits as predictors of driving behaviour in urban areas of Greece*. *Transportation Research Part F* 8(6): 413–428.

Choi, J.; Coughlin, J.F.; D’Ambrosio, L.A. (2012). *Travel time and subjective well-being*. Paper presented at the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC

Chorus, C.G.; Arentze, T.A.; Molin, E.J.E.; Timmermans, H.J.P.; e van Wee, G.P. (2008a). *Responses to transit information among car-drivers: regret-based models and simulations*, *Transportation Planning and Technology*, 29(4), pp. 249-271.

Chorus, C.G.; Arentze, T.A.; Molin, E.J.E.; Timmermans, H.J.P.; e van Wee, G.P. (2008a). *The Value of Travel Information: Decision-Strategy Specific Conceptualizations and Numerical Examples*, *Transportation Research B*, 40, pp. 504-519.

Chorus, C.G., Bierlaire, M. (2013). *Travel choice models that generate preferences for compromise alternatives: an empirical comparison*. In: *Proceedings 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC.

Connors, R.D. e Sumalee, A. (2009). *A network equilibrium model with travellers’ perception of stochastic travel times*. *Transp. Res. B* 43 (6), 614–624.

- Dargay, J. e Hanly, M. (2004). Volatility of car ownership, commuting mode and time in the UK. Paper presented at the World Conference on Transport Research, Istanbul, July 2004.
- David, E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Oper. Res.* 30, 961–981.
- De Houwer, J. (2006). What are implicit measures and why are we using them? In R. W. Wiers & A. W. Stacy (Eds.), *The handbook of implicit cognition and addiction* (pp. 11-28). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- De la Barra, T., 1995. *Integrated Land Use and Transport Modelling. Decision Chains and Hierarchies.* Cambridge Urban and Architectural Studies.
- De Palma, A.; Lindsey, R.; Picard, N. (2007). Congestion, Risk Aversion and the Value of Information. Working Paper 2, University of Alberta, Edmonton.
- De Palma, A.; Lindsey, R.; Picard, N. (2012). Risk aversion, the value of information, and traffic equilibrium. *Transp. Sci.* 46, 1–26.
- De Vos, J.; Schwanen, T.; Van Acker, V.; Witlox, F. (2013). Travel and subjective well-being: a focus on findings, methods, and future research needs. *Transp. Rev.* 33(4), 421–442
- Delors J. (1996). *La Educación encierra um tesoro.* Ed. Santillana – UNESCO. Madrid. España.
- Duarte, A.; Garcia, C.; Giannarakis, G.; Limaño, S.; Polydoropoulou, A.; Litinas, N. (2010). New approaches in transportation planning: happiness and transport economics. *NETNOMICS* 11(1), 5–32
- Galster, G.; Hanson, R.; Ratcliffe, M.; Wolman, H.; Coleman, S.; Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate* , 681-717.
- Ellaway, A.; Macintyre, S.; Hiscock, R.; Kearns, A. (2003). In the driving seat: psychosocial benefits from private motor vehicle transport compared to public transport. *Transp. Res. F* 6(3), 217–231.
- Einstein, A. (1905). On the electrodynamics of moving bodies. *Annalen der Physik*, 17(891), 50.
- Ettema, D.; Garling, T.; Eriksson, L.; Friman, M.; Olsson, L.E.; Fujii, S. (2011). Satisfaction with travel and subjective well-being: development and test of a measurement tool. *Transp. Res. F* 14(3), 167–175
- Ettema, D.; Friman, M.; Garling, T.; Olsson, L.E.; Fujii, S. (2012). How in-vehicle activities affect work commuters’ satisfaction with public transport. *J. Transp. Geogr.* 24, 215–222
- Fishburn, P.C. (1982). Non-transitive measurable utility. *J. Math. Psychol.* 26 (1), 31–67.

- Fredrickson, B. L. e Kahneman, D. (1993). Duration neglect in retrospective evaluations of affective episodes. *Journal of Personality & Social Psychology*, 65, 44–55.
- Fried, M.; Havens, J.; and Thall, M. (1977). *Travel Behavior - A Synthesized Theory*. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Project 8-14 Final Report, 145 pages.
- Geels, F. W. (2010). Ontologies, Socio-Technical Transitions (to Sustainability), and the Multi-Level Perspective. *Research Policy*, 39, 495-510.
- Gakenheimer, R. (1999). Urban mobility in the developing world. *Transportation Research A*, 33(7), 671–689
- Gorter, E. (1979). *El método de las ciências (Nociones Elementales)*. Ed. Grijalbo. Mexico.
- Greenwald, A. G.; McGhee, D. E.; Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The Implicit Association Test. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 1464-1480.
- Greenwald, A. G. e Banaji, M. R. (1995). Implicit social cognition: Attitudes, self-esteem, and stereotypes. *Psychological Review*, 102, 4–27.
- Hanson S. e Burnett K.P. (1981). Understanding Complex Travel Behavior: Measurement Issues, in *New Horizons in Travel Behavior Research*, A. Meyburg and P. Stopher, W. Borg (eds.), Lexington Books, pp. 207 230.
- Handy, S.; Cao, X. e Mokhtarian, P. (2005): Correlation or causality between the built environment and travel behavior? Evidence from Northern California. In: *Transportation Research D* 10, 427–444.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association* 24 (1): 6–21. doi:10.1007/BF01936872.
- Hägerstrand, T. (1978). Survival and arena: on the life-history of individuals in relation to their geographical environment. In: Carlstein, T., Parkes, D., Thrift, N. (Eds.), *Timing Space and Spacing Time: Human Activity and Time-geography*, vol. 2. Edward Arnold, London, pp. 122–145.
- Hägerstrand, T. (1989). Reflections on ‘what about people in regional science?’. *Papers of the Regional Science Association* 66, 1–6.
- Hägerstrand, T. (1993). What about nature in regional science? In: Lundqvist, L., Persson, L-O. (Eds.), *Visions and Strategies in European Integration. A North European Perspective*. Springer-Verlag, London, pp. 155–161.
- Hägerstrand, T. (1995). Action in the physical everyday world. In: Cliff, A.D., Gould, P.R., Hoare, A.G., Thrift, N.J. (Eds.), *Diffusing Geography. Essays for Peter Haggett*. Blackwell, Cambridge, MA, pp. 35–45.

Hägerstrand, T. (2004). The two vistas. *Geografiska Annaler* 86 B (4), 315–323. Hall, E., 1983. *The Dance of Life: Other Dimensions of Time*. Anchor Press/Doubleday, Garden City, NY.

Heidemann (1981). Spatial behaviour studies: Concepts and contexts, in P.R. Stopher, A.H. Meyburg and W. Brög (eds.) *New Horizons in Travel Behaviour Research*, 289-315, Lexington, Toronto.

Henrich, J.; Boyd, R.; Bowles, C; Camerer, E.; Gintis, H. (2004). *Foundations of Human Sociality*. Oxford Press.

Hensher, D.A. (1981). *Applied Discrete Choice Modelling*. Wiley, New York.

Hess, S.; Stathopoulos, A.; Daly, A. (2012). Allowing for heterogeneous decision rules in discrete choice models: an approach and four case studies. *Transportation* 39, 565–591.

Hiscock, R.; Macintyre, S.; Ellaway, A.; Kearns, A. (2002). Means of transport and ontological security: do cars provide psychosocial benefits to their users? *Transp. Res. D* 7(2), 119–135

Hutchinson (1974). *Principles of Urban Transport Systems Planning*. McGraw-Hill Inc., US; First Edition. USA.

Hupkes, G. (1982). The law of constant travel time and trip-rates. *Futures* 14, 38–46

Jensen, M. (1999). Passion and heart in transport: a sociological analysis of transport behavior. *Transp. Policy* 6(1), 19–33

Jones, S. R. (1981). Accessibility measures: a literature review. Report L R 967, Transport and Road Research Laboratory.

Jou, R.C. e Kitamura, R. (2002). Commuter Departure Time Choice: A Reference-Point Approach. *Proceedings EWGT, Bari, Italy*.

Kahneman, D. e Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decisions under risk. *Econometrica* 47, 263–291.

Kahneman (2003). Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics, *American Economic Review* 93(5)

Katsikopoulos, K.V.; Duse-Anthony, Y.; Fisher, D.L.; Duffy, S.A. (2000). The framing of drivers' route choices when travel time information is provided under varying degrees of cognitive load. *Hum. Factors* 42, 470–481.

Katsikopoulos, K.V.; Duse-Anthony, Y.; Fisher, D.L.; Duffy, S.A. (2002). Risk attitude reversals in drivers' route choice when range of travel time information is provided. *Hum. Factors* 44, 466–473.

- Keikaku K. (1984). *Landuse and Information in the Twenty-first Century*. Tokyo. Kokudocho Keikaku/Chosei Kyoruhen.
- Kenworthy, J. (1995). Automobile dependence in Bangkok: an international comparison with implications for planning policies. *World Transport Policy and Practice*, 3(1), 31–41
- Kim, H.M. e Kwan, M.P. (2002). Space-time accessibility measures: a geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration. *Journal of Geographical Systems*, 5, pp. 71-91.
- Kitamura, R. (1988). An evaluation of activity-based travel analysis. *Transportation*, 15, pp. 9-34.
- Kitamura, R. et al. (2000) Stochastic frontier models of prism vertices. *Transportation Research Record*, 1718, 18-26.
- Kneib, E. C. (2008). *Subcentros urbanos: contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para planejamento de transportes*. Tese de doutorado em Transportes, Publicação T. TD – 002A/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 206p.
- Kohler, H. P. (2001). *Fertility and Social interactions*. Oxford Press.
- Koller, S. (2004). *Ecologia do Desenvolvimento Humano – Pesquisa e Intervenção no Brasil - Casa do Psicólogo: São Paulo*.
- Krizek, K. J. (2003): Residential relocation and changes in urban travel. Does neighborhood-scale urban form matter? In: *Journal of the American Planning Association* 69, 265–281.
- Kwan, M. P. (1998). Space–time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework. *Geo. An.*, 30, 191–216.
- Kwan, M. P. (1999). Gender and individual access to opportunities: A study of space–time measures. *The Prof. Geo.*, 51, 210–227.
- Kwan, M.P., Murray, A. T., O’Kelly, M. E. e Tiefelsdorf, M. (2003). Recent advances in accessibility research: Representation, methodology and applications. *J. of Geo. Syst.*, 5, 129–138.
- Kuijpers, B. e Othman, W. (2009). Modeling uncertainty of moving objects on road networks via space-time prisms *International Journal of Geographical Information Science*, 23, pp. 1095-1117.
- Kutter (1972). *Demographische Determinanten des städtischen Personenverkehrs*, in *Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen der TU Braunschweig*, 9, TU Braunschweig, Braunschweig.

- Kutter (1973). A model for individual behaviour, *Urban Studies*, 10 (2) 235-258.
- Larrañaga, A. M.; Cybis, H. B. B.; Arellana, J.; Rizzi, L. I.; Strambi, O. (2014). Estimando a importância de características do ambiente construído para estimular bairros caminháveis usando best-worst scaling. In: XXIX ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Ouro Preto, MG.
- Lanzendorf, M. (2003). Mobility biographies. A new perspective for understanding travel behaviour. 10th International Conference on Travel Behaviour Research (IATBR), Lucerne.
- Leibenstein, H. (1950). Bandwagon, snob, and Veblen effects in the Theory of consumer demand. *Quarterly Journal of Economics*, 64 (2), 183-207.
- Li, Z. e Hensher, D.A. (2011). Prospect theoretic contributions in understanding traveller behaviour: a review and some comments. *Transp. Policy* 31, 97–115.
- Loomes, G. e Sugden, R. (1982). Regret theory: an alternative theory of rational choice under uncertainty. *The Econ. J.* 92, 805–824.
- Loomes, G. e Sugden, R. (1987). Some implications of a more general form of regret theory. *J. Econ. Theor.* 41 (2), 270–287.
- Luce, R.D. (1959). Individual choice behavior: a theoretical analysis. Wiley, New York.
- Macintyre, S.; Ellaway, A.; Der, G., Ford, G.; Hunt, K. (1998). Are housing tenure and car access simply markers of income or self esteem? A Scottish study. *J. Epidemiol. Community Health* 52(10), 657–664
- Macintyre, S.; Hiscock, R.; Kearns, A.; Ellaway, A. (2001). Housing tenure and car access: further exploration of the nature of their relationships with health in a UK setting. *J. Epidemiol. Community Health* 55(5), 330–331
- Machina, M.J. (1987). Choice under uncertainty: problems solved and unsolved. *J. Econ. Perspect.* 1, 121–154.
- Magalhães, M. T. Q. (2010). Fundamentos para a Pesquisa em Transportes: Reflexões filosóficas e a contribuição da ontologia de Bunge. Tese de Doutorado em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasil, DF.
- Mann, E. e Abraham, C. (2006). The role of affect in UK commuters' travel mode choices: an interpretative phenomenological analysis. *Br. J. Psychol.* 97(2), 155–176
- Martinussen, L.; Sømhøvd, J; Møller, M.; Siebler, F. (2015). A Go/No-go approach to uncovering implicit attitudes towards safe and risky driving. *Transportation Research Part F* 30 (2015) 74–83
- Masiero, L. e Hensher, D.A. (2011). Shift of reference point and implications on behavioral reaction to gains and losses. *Transportation* 38, 249–271.

- McFadden, D., 1974. Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In: Zarembka, P. (Ed.), *Frontiers in Econometrics*. Academic Press, New York, pp. 105–142.
- McFadden, D. (1984). "Econometric Analysis of Qualitative Response Models," in Z. Griliches and M. Intriligator (eds.), *HANDBOOK OF ECONOMETRICS, VOL. II*, 1396-1456, Elsevier: Amsterdam
- McFadden, D. (2010). Sociality, rationality, and the ecology of choice. In: *Choice modelling: The State-of-the-Art and the State-of-Practice*. Bingley: Emerald.
- McFadden, D. (2014). The new science of pleasure: consumer choice behavior and the measurement of well-being. In: *Handbook of Choice Modelling*. Hess S. e Daly A. Ed. Edward Elgar. UK.
- McNally, M. G. (2000). *The Activity Based Approach*. Hand Book of Transport Modelling. Emerald Group. USA.
- Medrano, R. M. A. (2012). *Modelagem de padrões de viagens e expansão urbana*. Dissertação de Mestrado em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Miller, A. (2002). *Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty that Causes Havoc*. Basic Books, New York.
- Miller, H. J. (1999a), Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis*, 31, pp. 187-212.
- Miller, H. J. (2007). Place-based versus people-based geographic information science. *Geo. Compass*, 1, 503–535.
- Mokhtarian, P.L. e Salomon, I. (2001). How derived is the demand for travel? Some conceptual and measurement considerations. *Transp. Res. A* 35(8), 695–719.
- Morris, E. A. (2013). Access and outcomes: transportation, location and subjective well-being. Paper presented at the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Morris, E. A. e Guerra, E. (2014). Mood and mode: does how we travel affect how we feel? *Transportation*, vol 42:25–43.
- Navía, C. J. (1998). *La Metodología, la investigación y el método científico en la Universidad Boliviana*. Ed. Diário. La Paz, Bolivia.
- Neto, I. L. (2014). *Determinantes psicossociais do uso do transporte público: Um estudo comparativo entre o Distrito Federal (Brasil) e a região de Hampton Roads-VA (EUA)*. Tese de Doutorado. Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações. Universidade de Brasília.

- Neutens, T., Witlox, F., Van De Weghe, N., and De Maeyer, PH. (2007a). Human interaction spaces under uncertainty. *Transp. Res. Rec.*, 2021, 28–35.1
- Neutens, T., Witlox, F., Van De Weghe, N., and De Maeyer, PH. (2007b). Space–time opportunities for multiple agents: A constraint-based approach. *Int. J. of Geo. Inf. Sci.*, 21, 1061–1076
- Neutens, T.; Schwanen, T.; Witlox, F.; De Maeyer, P. (2008). My space or your space? Towards a measure of joint accessibility. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, pp. 331-342.
- Neutens, T.; Schwanen, T. ; Miller, H.J. (2010). Dealing with timing and synchronization in opportunities for joint activity participation. *Geographical Analysis*. (forthcoming)
- Neutens, T. (2010). Space, time and accessibility analyzing human activities and travel possibilities from a time-geographic perspective. Tese Doutorado. Department of Geography, Faculty of Science, Ghent University. Belgium.
- Nicholls, S. (2001). Measuring the accessibility and equity of public parks: A case study using GIS. *Managing Leisure: An Int. J.*, 6, 201-219.
- Neumann, V. e Morgenstern, O. (1947). *Theory of Games and Economic Behavior*, second ed. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Oakil, A.T.M. (2013). *Temporal Dependence in Life Trajectories and Mobility Decisions*. Doctoral Dissertation, Utrecht University, The Netherlands.
- Oi, W.Y. e Shuldiner, P.W. (1962). *An Analysis of urban travel demands*. Northwestern University Press, Evanston, IL.
- Olsson, L.E.; Gärling, T.; Ettema, D.; Friman, M., Fujii, S. (2013). Happiness and satisfaction with work commute. *Soc. Indic. Res.* 11(1), 255–263
- Ortuzár, J. D. e Willumsen, P. L. (2001). *Modeling Transport*. 4th Edition. Wiley and Sons.
- Ortuzar J. D. e Willumsen P. *Modelos de Transporte*. 2008. PUbliCan.
- Ory, D.T.; Mokhtarian, P.L.; Redmond, L.; Salomon, I.; Collantes, G.O.; Choo, S. (2004). When is commuting desirable to the individual? *Growth Change* 35(3), 334–359
- Ory, D.T. e Mokhtarian, P.L. (2005). When is getting there half the fun? Modeling the liking for travel. *Transp. Res. A* 39(2–3), 97–123
- Palma, A. de.; Lindsey, R.; Picard, N. (2008). Congestion, risk aversion and the value of information. In: *Proceedings 87th Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, DC.
- Pas, E.I. (1990). Is travel demand analysis and modelling in the doldrums?. *Developments in Dynamic and Activity-based approaches to travel analysis*. London. A verbury.

Penna, C. R.C. (2012) The Co-evolution of societal issues, technologies and industry regimes: Three case studies of the American automobile industry. Thesis document. Science And Technology Policy Research, University of Sussex.

Persson, O. e Ellegaard, K. (2012). Torsten Hägerstrand in the citation time web. *The Professional Geographer* 64 (2), 250–261.

Pitombo, C. S. (2007). Estudos de relações entre variáveis socioeconômicas, de uso do solo, participação em atividades e padrões de viagens encadeadas urbanas. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, EESC, Brasil.

Polak, J.W.; Hess, S.; Liu, X. (2008). Characterizing heterogeneity in attitudes to risk in expected utility models of mode and departure time choice. In: Proceedings 87th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Ponce, S. C. (2004). Tiwanaku y su fascinante desarrollo cultural. Editorial Cima. La Paz.

Poole, M. S. e Van De Ven, A. H. (1989). Using Paradox to Build Management and Organization Theories. *Academy of Management Review*, 14, 562-578.

Posnasky, A. (1945). Tiahuanacu (La Cuna del Hombre Americano). Editorial J.J. Agustin. New York.

Prillwitz, J. e Lanzendorf, M. (2006): Impact of life course events on car ownership. Paper presented at the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 22–26.

Ramos, G.M.; Daamen, W.; Hoogendoorn, S.P. (2011). Expected utility theory, prospect theory, and regret theory compared for prediction of route choice behavior. *Transport. Res. Rec.* 2011 (2230), 19–28.

Raghubir, P.; Morwitz, V. G.; Chakravarti, A. (2010). Spatial categorization and time perception: Why does it take less time to get home? *Journal of Consumer Psychology*.

Rasouli, S. e Timmermans, H. (2014). Applications of theories and models of choice and decision-making under conditions of uncertainty in travel behavior research. *Travel Behaviour and Society*, vol 1, 79–90.

Recker, W.W. (2001). A bridge between travel demand modeling and activity-based travel analysis. *Transportation Research, Part B: Methodological*, 35, 481-506.

Ribeiro, R. A. (2013) Estratégias Educativas durante o Tempo de Viagem no Transporte Escolar Rural. Dissertação de Mestrado Transportes, Publicação T.DM 002A/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131.p.

- Rimmer, (1988). The dialectic of the external and internal: a perspective on Australia's future transport land use activity system. Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 14th, 1988, Canberra
- Robinson, J. P. e Nicosia, F. M. (1991). Of time, activity, and consumer behavior: An essay on finding, interpretations, and needed research. *Journal of Business Research*, 22171–22186.
- Salomon, I. (1985). Telecommunications and travel: substitution or modified mobility? *J. Transp. Econ. Policy* 19(3), 219–235
- Salomon, I. e Ben-Akiva, M. (1983). The use of the life-style concept in travel demand models. *Environment and Planning A* 15(5): 623–638.
- Santos, L. S. (2013). Viagem de lazer na cidade e teoria da atividade: uma abordagem sociohistórica em comportamento para viagens. Publicação T. D–005/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 162p.
- Scheiner, J. (2006b): Housing mobility and travel behaviour: a processoriented approach to spatial mobility. Evidence from a new research field in Germany. In: *Journal of Transport Geography* 14, 287–298.
- Scheiner, J. (2007). Mobility biographies: elements of a biographical theory of travel demand. *Erkunde. Archive for scientific Geography*. Disponível em: <https://www.erdkunde.uni-bonn.de/archive/2007>
- Scheiner, J.; and Holz-Rau, C. (2013). Changes in travel mode use after residential relocation: a contribution to mobility biographies. *Transportation* 40 (2): 431–458.
- Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and Macrobehaviour*. Cambridge, Ma. Harvard University Press.
- Schönfelder e Axhausen, K. W. (2010). *Urban Rhythms and Travel Behaviour: Spatial and Temporal Phenomena of Daily Travel*. Taylor and Francis, New York, USA.
- Schwartz, E. e Elsen, I. (2003). Observação participante: uma metodologia para conhecer o viver, o adoecer e o cuidar das famílias rurais. *Família. Saúde Desenvolvimento*, vol. 5 jan./abr. Curitiba.
- Schwanen, T. e Ettema, D.F. (2007). Coping with unreliable transportation when collecting children: examining parents' behavior with cumulative prospect theory. In: *Proceedings 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC.
- Shaw, S. L., Yu, H. (2009). A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical-virtual space. *Journal of Transport Geography* 17 (2), 141–149.
- Senbil, M. e Kitamura, R. (2004). Reference points in commuter departure time choice: a prospect theoretic test of alternative decision frames. *Intell. Transp. Syst.* 8, 19–31.

Senbil, M. e Kitamura, R. (2006). Valuing expressways under time pressures. In: Proceedings 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC

Sheller M. e Urry J. (2006). The New Mobilities Paradigm. *Environment and Planning A* vol. 38, no. 2 207-226.

Silva, A. H. (2013). A influência do estilo de vida na escolha modal. Tese Doutorado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Silva, M. A. (2011). Estudo da incorporação da acessibilidade à atividade na análise da demanda por viagens encadeadas. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, EESC, Brasil.

Spear, B. D. (1996). New approaches to transportation forecasting models - a synthesis of four research proposals. *Transportation*, 23, pp. 215-240

Stanbridge, K.; Lyons, G.; Farthing, S. (2004): Travel behaviour change and residential relocation. Paper presented at the 3rd International Conference of Traffic and Transport Psychology, Nottingham, 5th–9th September 2004.

Stradling, S.; Carreno, M.; Rye, T.; Noble, A. (2007a). Passenger perceptions and the ideal urban bus journey experience. *Transp. Policy* 14(4), 283–292

Stradling, S.G.; Anable, J.; Carreno, M. (2007b). Performance, importance and user disgruntlement: a six-step method for measuring satisfaction with travel modes. *Transp. Res. A* 1, 98–106

Stutzer, A. e Frey, B.S. (2008). Stress that doesn't pay: the commuting paradox. *Scand. J. Econ.* 110(2), 339–366

Swanson, J. E.; Rudman, L. A.; Greenwald, A. G. (2001). Using the implicit association test to investigate attitude-behavior consistency for stigmatized behavior. *Cognition and Emotion*, 15, 207–230.

Taco, P. W. G. (2003). Redes Neurais Artificiais Aplicadas na Modelagem Individual de Padrões de Viagens Encadeadas a Pé. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP, EESC, Brasil.

Takano, M.S.M. (2010). Análise da Influência da Forma Urbana no Comportamento de Viagens Encadeadas com Base em Padrões de Atividades. Dissertação de Mestrado em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Tertoolen, G.; Van Kreveld, D.; Verstraten, B. (1998). Psychological resistance against attempts to reduce private car use. *Transp. Res. A* 32(3), 171–181.

Thevenin, T. (2011). 40 years of time geography: from the conceptual framework to the GI science contributions. In: Presented at the 2011 Annual Meeting of the Association of American Geographers, April 12–17, Seattle, WA.

Timmermans, H. (2010). On the (Ir)relevance of Prospect Theory in Modelling Uncertainty in Travel Decisions. *EJTIR*. Issue 10(4), pp. 368-384.

Train, K. (2003). *Discrete Choice Models with Simulation*. Cambridge University Press, New York.

Tversky, A. e Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. *J. Risk Uncertain.* 5, 297–323.

Van der Waerden, P.J.H.J.; Borgers, A.W.J.; Timmermans, H.J.P. (2003). Key events and critical incidents influencing transport mode choice switching behavior: an exploratory study. *Compendium of Papers CD-ROM, The 82nd Annual Meeting of Transportation Research Board*. Washington, D.C., January 12-16.

Vasconcellos, E. A. (2008). *A cidade, o transporte e o trânsito*. São Paulo: Prolivros.

Veblen, T. (1899). *Theory of the leisure class: An economic study in the evolution of institutions*. Macmillan. New York.

Vij, A.; Carrel, A.; Walker, J.L. (2013). Incorporating the influence of latent modal preferences on travel mode choice behavior. *Transportation Research Part A* 54: 164–178.

Wardrop, J. G. (1959). Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Road Engineering Division Meeting*. Road Paper No. 36.

Walker, J., e Ben-Akiva, M.E. (2002). Generalized random utility model. *Math. Soc. Sci.* 43, 303–343.

Weber e Kwan M. P. (2002). Evaluating the effects of geographic contexts on individual accessibility: a multilevel approach. *Urban Geography*, 24, pp. 647-671.

Walker, J.L. e Li, J. (2007). Latent lifestyle preferences and household location decisions. *Journal of Geographical Systems* 9(1): 77–101.

Walter, M. (1963). *The Nature of scientific thought*. Ed. Prentice-Hall. New Jersey, USA.

Wilson, A.G. (1974). *Urban and Regional Models in Geography and Planning*. Wiley, New York.

Willumsen P. L. (2015). Shaking the foundations of modelling. *Transportxtra*. Disponível em:

<https://www.transportxtra.com/publications/localtransporttoday/news/40856/shakingthefoundationsofmodellingleiswillumsen>

Wu e Miller (2002). Computational tools for measuring space-time accessibility within dynamic flow transportation networks. *Journal of Transportation and Statistics*, 4, pp. 1-14.

- Xiong, Y. e Zhang, J. (2014). How do residential environment and travel behavior influence people's life satisfaction? Bayesian network analysis. Compendium of Papers CD-ROM, the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., January 12-16.
- Xu, H.; Lou, Y.; Yin, Y.; Zhou, J. (2011a). A prospect-based user equilibrium model with endogenous reference points and its application in congestion pricing. *Transp. Res. Part B* 45 (2), 311–328.
- Xu, H.; Zhou, J.; Xu, W. (2011b). A decision-making rule for modeling travelers' route choice behavior based on cumulative prospect theory. *Transp. Res. Part C* 19 (2), 218–228.
- Zauberman, G.; Kim, B. K.; Malkoc, S.; Bettman, J. R. (2009). Discounting time and time discounting: Subjective time perception and intertemporal preferences. *Journal of Marketing Research*, 46, 543–556.
- Zhao, J. (2009). Preference Accommodating and Preference Shaping: Incorporating Traveler Preferences into Transportation Planning. Thesis document. Department of Urban Studies and Planning. MIT. USA.
- Zhang J. (2010) Modeling inter-personal interactions in activity-travel behavior. Keynote Speech at the 7th International Conference on Traffic and Transportation Studies, Kunming, China.
- Zhang, J. (2012). Zhang J. (2012) From activity-based to life-oriented approach: Interdisciplinary challenges. Invited Speech at the International Seminar on Applications of Activity-based Transportation Modeling in Simulation and ICT Impacts, Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS) and TOD-based Engineering Research Center (TOD ERC), Seoul, South Korea,
- Zhang, J. (2014). Revisiting residential self-selection issues: A life-oriented approach. *The journal of transport and land use*. Vol. 7, No. 3, PP. 29–45.
- Zhang J.; Tsuchiya Y.; Fujiwara A.; Chikaraishi M. (2011). Citizens' life decisions and behavior survey: proposal and application to the evaluation of quality of life. *Proceedings of Infrastructure Planning*.
- Zhang, J.; Tsuchiya, Y.; Hinohara, H.; Chikaraishi, M. (2012b). Citizens' life behavior and quality of life: Survey and modeling. Paper presented at the IATUR (International Association for Time Use Research) 34th Annual Conference, Matsue City, Japan.
- Zhang, J.; Yu, B.; Chikaraishi, M. (2013). Interdependences between household residential and car ownership behavior: a life history analysis. *Journal of Transport Geography*.
- Zimmerman, C.A. (1982). The life cycle concept as a tool for travel research. *Transportation* 11 (1): 51–69.