



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**ANDRÉ SOARES LOPES**

**TRANSPORTES, USO DO SOLO E ATIVIDADES - MODELAGEM CONCEITUAL PARA O  
PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE URBANA**

FORTALEZA  
2015

**ANDRÉ SOARES LOPES**

**TRANSPORTES, USO DO SOLO E ATIVIDADES - MODELAGEM CONCEITUAL PARA O  
PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE URBANA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de transportes, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Planejamento de transporte e uso do solo

Orientador: Prof. Ph.D. Carlos Felipe  
Grangeiro Loureiro

FORTALEZA  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

- 
- L85t      Lopes, André Soares.  
            Transportes, uso do solo e atividades: modelagem conceitual para o planejamento da acessibilidade urbana / André Soares Lopes. – 2015.  
            86 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2015.  
            Área de Concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.  
            Orientação: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro.
1. Transportes. 2. Planejamento urbano. 3. Modelagem integrada. I. Título.

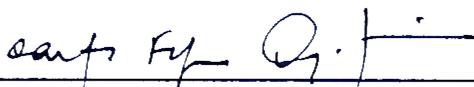
ANDRÉ SOARES LOPES

TRANSPORTES, USO DO SOLO E ATIVIDADES - MODELAGEM CONCEITUAL PARA O  
PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE URBANA

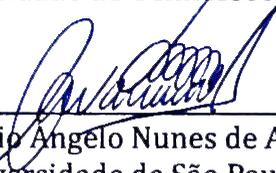
Tese apresentada ao Doutorado em Engenharia de Transportes do Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Área de concentração: Planejamento de transportes.

Aprovada em: 09/10/15.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Ph.D. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro (Orientador), UFC  
Doutor pela Universidade do Tennessee System – Knoxville, EUA



Prof. Dr. Mário Ângelo Nunes de Azevedo Filho UFC  
Doutor pela Universidade de São Paulo – São Carlos, Brasil



Prof. Dr. José Almir Farias Filho, UFC  
Doutor pela Université de Paris VIII – Paris, França



Profa. Dra. Rosário Macário, IST  
Doutora pelo Instituto Superior Técnico - Lisboa, Portugal



Prof. Dr. Antônio Nelson Rodrigues da Silva, EESC-USP  
Doutor pela Universidade de São Paulo – São Carlos, Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente aos meus pais, Paulo Roberto e Júlia Natércia, a quem devo tudo, e sou eternamente grato.

Aos meus irmãos Adriana e Glauber,

Ao meu grande mestre, professor e amigo Felipe Loureiro, que me guiou nesta escuridão.

A special 'thank you' to Bert van Wee, who had a very important participation in the development and consequent final form of this work.

À Nayana Helena, que suportou incontáveis seções de explicações intermináveis sobre o tema, e percorreu quase todo o caminho de mãos dadas comigo.

Aos colegas do PETRAN, (em especial a Fernanda, Ezequiel, Hélio e Franco) pelas ótimas discussões, contribuições e questionamentos.

Aos colegas da UNIFOR, com quem sempre me senti tão prestigiado em trabalhar lado a lado.

Aos meus amigos Amíria Brasil, Emanuel Cavalcanti, João Paulo Braga, Edwin Rolim, Claudia Sales, Camila Girão, Heron Felix e Bruno Sidrim,

À CAPES pelo apoio e financiamento das minhas jornadas de mestrado, doutorado e estágio sanduiche no exterior.

*“...simple observation of reality cannot be the starting point in the process of research. What is chosen as a subject for observation is determined by the need to solve problems.”*

(De la Barra, 1989)

## RESUMO

O planejamento complexo de cidades exige o desenvolvimento de modelos conceituais do funcionamento e dependências mútuas dos seus elementos constituintes. Já há algumas décadas, as comunidades técnico-científicas associadas ao planejamento de cidades tentam modelar a interação entre os subsistemas urbanos de uso do solo e transportes. Seus esforços isolados conseguiram alcançar certo êxito na representação parcial do fenômeno urbano, mas ainda esbarram na dificuldade de tratar tais sistemas multidimensionais como uma problemática única, abrangente e integrada. A partir de uma revisão dos modelos conceituais acerca de sistemas LUTI (Integração de Uso do solo e Transportes, do original "*Land Use and Transport Interaction*") verificou-se um conjunto de fragilidades conceituais que dificultam o processo de modelagem integrada do fenômeno urbano. Dentre estas fragilidades destaca-se o fato de estes esforços não representarem a contento, ou mesmo reconhecerem, de que subsistemas é constituído o sistema urbano. Consequentemente, reconhecemos a necessidade do desenvolvimento de uma proposta de modelagem conceitual sistêmica do fenômeno urbano, que incorpore aspectos de dinamicidade da relação entre os subsistemas de atividades, uso do solo e transportes. Esta proposta de modelo, chamado de modelo ALUTI ("*Activity, Land Use and Transport Interaction*"), constitui uma ferramenta de comunicação entre as comunidades técnico-científicas de planejamento de cidades. Ela é baseada na teoria microeconômica de relações oferta/demanda e na suposição das relações de causalidade entre subsistemas, a partir de um modelo "*a priori*", baseado na literatura. A aplicabilidade do modelo ALUTI é verificada para três etapas fundamentais do planejamento da mobilidade e acessibilidade. Primeiro (1), como ferramenta demonstrativa da evolução dos paradigmas do planejamento dos transportes, que vê hoje o paradigma do planejamento da acessibilidade como caminho plausível à integração transdisciplinar dos esforços de planejamento. Segundo (2), como ferramenta representativa dos problemas que afligem os atores partícipes do fenômeno urbano. Desta aplicação, reconhecemos problemas derivados de: proposições metodológicas; valores e princípios norteadores do planejamento; e de categorias distintas de restrições à acessibilidade. A terceira aplicação do modelo ALUTI (3) é como ferramenta auxiliar à interpretação das relações de dependência entre problemas, e de sua caracterização (quantificação/qualificação). Esta última aplicação do modelo ALUTI evidencia a contribuição do presente trabalho na definição de hipóteses de causalidade entre os elementos constituintes do sistema urbano integrado, e no auxílio à construção de indicadores que nos permitam melhor entender as relações complexas entre problemas e restrições de acessibilidade.

**Palavras-chave:** Acessibilidade, Atividades, Uso do solo, Transporte, Planejamento urbano.

## ABSTRACT

A complex city planning requires the development of conceptual models of how these systems work and of the mutual dependencies of its constituent elements. For some decades now, the technical and scientific communities responsible for the city planning have been building some conceptual models of urban land use and transport interaction (LUTI). Isolated efforts of these communities have achieved some success in representing the urban phenomenon (understood as a complex system). They still encounter some difficulties in dealing with such multidimensional systems in a complex way. To achieve such goal it would require a more comprehensive and integrated approach. From the literature review of existing conceptual models that address the representation of LUTI systems we could find a set of conceptual weaknesses that hinder the integrated modeling of urban phenomena. Among these weaknesses we highlight that these efforts do not represent satisfactorily, or even recognize, subsystems that comprise the urban system. For this reason, we understand the need to develop a proposal for a systemic conceptual model for the urban phenomena. One that incorporates the dynamic aspects of the relationship among at least three subsystems (activities, land use and transport). The proposed model, called ALUTI model ("Activity, Land Use and Transport Interaction"), is a tool for communication between the technical and scientific communities of city planning. It is based on the microeconomic theory of supply/demand balance relationship, and the assumption of causal relationships between subsystems, derived from an "a priori" model. The applicability of the ALUTI model is verified for, at least, three basic stages of mobility and accessibility planning: Problem representation, characterization and diagnosis. First (1) as a demonstrative tool of the evolution of transport planning paradigms, which culminates today with the paradigm of accessibility planning as plausible path to the integration of transdisciplinary planning efforts. Second (2), as a representative tool of the problems afflicting the actors involved in urban phenomenon. In this application, we recognize a set of derivative problems: from the theoretical and methodological interpretations of the problems; from the guiding values and principles of planning; and from different types of accessibility restrictions. The ALUTI model third application (3) is as an auxiliary tool to the interpretation of dependency relationships between problems, and its characterization (quantification / qualification). This last application for the ALUTI model highlights the contribution of this work in defining causality hypotheses between the elements of integrated urban systems, and as an aid for the construction of indicators that enable us to better understand the complex relationships between problems and accessibility restrictions.

**Keywords:** Accessibility, Activities, Land use, Transport, Urban Planning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Escola de Chicago: Modelo Concêntrico de Burgess (a), Modelo Setorial de HOYT (b) e Modelo de Múltiplos núcleos de Ullman (c). .....	24
Figura 2. Modelo de tomada de decisão, adotado pelos planejadores, principalmente de transportes, nas décadas de 1960 .....	25
Figura 3. Proposta metodológica de planejamento, apresentada por Meyer e Miller (2001), com as etapas explicitadas da tomada de decisão.....	27
Figura 4. Dimensões do planejamento urbano sustentável. ....	33
Figura 5. Cubo mágico (“ <i>Rubik’s cube</i> ”) como metáfora do planejamento urbano.....	35
Figura 6. Elementos que influenciam no comportamento de viajantes. ....	37
Figura 7. Modelagem conceitual “ <i>a priori</i> ” do sistema ALUTI.....	40
Figura 8. Resumo da representação, de todos os modelos revisados, dos subsistemas e suas interações, e a representação do desempenho médio dos dois grupos de modelos. ....	70
Figura 9. Sistemas LUTI (segundo Miller, 2003). Composto por subsistemas de transporte e atividades urbanas, em uma relação complexa. ....	77
Figura 10. Adaptado do modelo LUTI de Geurs e van Wee (2004). ....	79
Figura 11. Sistema LUTI de Cascetta (2009), com ênfase do sistema de transportes. ....	83
Figura 12. Representação do funcionamento interno do subsistema de transportes.....	86
Figura 13. Representação do funcionamento interno do subsistema de uso do solo.....	87
Figura 14. Representação do funcionamento interno do subsistema de Atividades.....	89
Figura 15. Modelo ALUTI conceitual simplificado, baseado no modelo “ <i>a priori</i> ” .....	91
Figura 16. Proposta de modelo ALUTI (acrônimo em inglês dos termos “ <i>Activity, Land Use and Transport Interaction</i> ”).....	92
Figura 17. Exemplo de helicoidal triplo. O modelo presume que os “ <i>outputs</i> ” de cada subsistema (tempo 1), alimentam os demais subsistemas em um tempo subsequente.....	93
Figura 18. Ilustração da acessibilidade infraestrutural, (subsistema de transportes). ....	97
Figura 19. Percepção de acessibilidade a partir do ponto de vista dos indivíduos (acessibilidade ativa) e das atividades (acessibilidade passiva). ....	99
Figura 20. Ilustração da medida de densidade de usos. Um dos indicadores associados às medidas de acessibilidade locacional, próprias do sistema de uso do solo....	100
Figura 21. Ilustração das relações socioeconômicas entre distintos setores de atividade. ....	103
Figura 22. Limitação do escopo da pesquisa ao Sistema Urbano de Mobilidade (UMS)	106
Figura 23. Foco do planejamento dos transportes representado no modelo ALUTI.....	110

Figura 24. Foco do planejamento da mobilidade representado no modelo ALUTI. ....	113
Figura 25. Ciclo vicioso do planejamento de transportes.....	114
Figura 26. Foco dos paradigmas de planejamento representados no modelo ALUTI. ...	116
Figura 27 Princípios da eficácia, equidade e sustentabilidade no planejamento urbano integrado (Adaptado de Garcia, 2015). ....	118
Figura 28. Proposta metodológica de planejamento estratégico da acessibilidade e mobilidade. Foco na compreensão da problemática. ....	123
Figura 29. Representação das etapas do planejamento estratégico no modelo ALUTI. .	125
Figura 30. Representação dos problemas de planejamento, segundo a percepção de princípios e restrições estratificados por subsistema. ....	129
Figura 31. Representação dos problemas no modelo ALUTI, por categorias de restrição. ....	132
Figura 32. Esquema resultante da interpretação das três abordagens de representação da problemática do planejamento urbano integrado, com foco na acessibilidade. ....	133
Figura 33. Simplificação das relações entre o modelo ALUTI e as categorias de restrições de acessibilidade .....	135

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista dos modelos selecionados. ....	47
Tabela 2. Sumário de classificação de modelagem dos subsistemas (por complexidade)	48
Tabela 3. Lista de como os sub-sistemas componentes do sistema ALUTI são ou não representados pelos modelos revisados, e quais decisões envolvem.....	53
Tabela 4. Resumo das categorias descritivas da oferta e demanda dos sub-sistemas analisados.....	54
Tabela 5. Subsystems inner workings, based on supply and demand relations.....	60
Tabela 6. Lista dos aspectos que influenciam decisões de atores para cada subsistema.	61
Tabela 7. Lista de atributos utilizados pelos modelos revisados como interface entre subsistemas. ....	66
Tabela 8. Paralelo entre os problemas de base política/ética e as restrições de acessibilidade impostas segundo o modelo ALUTI .....	127
Tabela 9. Categorias de restrições à acessibilidade (Garcia, 2015) .....	130
Tabela 10. Categorização das restrições de acessibilidade segundo o modelo ALUTI... ..	130
Tabela 12. Exemplos de indicadores internos e externos dos subsistemas ALUTI. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 11. Relação entre as categorias de restrições de acessibilidade e as medidas de acessibilidade sugeridas por Curtis e Scheurer (2010) .....	137

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>LUTI</b>	Acrônimo para “ <i>Land Use and Transport Interaction</i> ” (Integração de Uso do solo e Transportes, em português)
<b>ALUTI</b>	Acrônimo para “ <i>Activity, Land Use and Transport Interaction!</i> ” (Integração de Atividades, Uso do Solo e Transportes)
<b>LU</b>	Sigla para subsistema de Uso do solo, do original “ <i>Land Use</i> ”
<b>TR</b>	Sigla para subsistema de Transporte
<b>AC</b>	Sigla para subsistema de Atividades
<b>LOS</b>	Acrônimo para “ <i>Level of Service</i> ” (Nível de serviço, em português)
<b>CIAM</b>	Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, (do francês “ <i>Congrès Internationaux d'Architecture Moderne</i> ”)
<b>UMS</b>	<i>Urban Mobility System</i> (Sistema de Mobilidade Urbana, em tradução livre)
<b>UN</b>	Acrônimo para “ <i>United Nations</i> ” (Nações Unidas, em português)
<b>UNESCO</b>	Acrônimo para “ <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> ” (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, em português)

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2. QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS	19
1.2.1. <i>Objetivo geral da pesquisa</i>	20
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	20
1.2.3. <i>Estrutura da tese</i>	20
2. DISCUSSÃO CONCEITUAL SOBRE O PLANEJAMENTO URBANO INTEGRADO DO USO DO SOLO E TRANSPORTES	22
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO PLANEJAMENTO INTEGRADO	22
2.1.1. <i>O pós-guerra – décadas de 1940 e 1950</i>	23
2.1.2. <i>Década de 1960 – mudança paradigmática</i>	25
2.1.3. <i>Planejamento até hoje em dia</i>	27
2.2. ABORDAGEM DOS SISTEMAS COMPLEXOS	29
2.3. AS DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO URBANO	31
2.4. AS DISCIPLINAS ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO URBANO	34
2.5. MODELO “A PRIORI” DO FENÔMENO URBANO	36
2.6. A RELEVÂNCIA DA MODELAGEM PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO	41
3. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE MODELOS LUTI	44
3.1. SELEÇÃO DOS MODELOS PARA REVISÃO	46
3.2. REVISÃO DOS MODELOS LUTI	47
3.2.1. <i>Os subsistemas envolvidos</i>	48
3.2.1.1. <i>Subsistema de transportes</i>	49
3.2.1.2. <i>Subsistema de uso do solo</i>	50
3.2.1.3. <i>Subsistema de atividades</i>	51
3.2.1.4. <i>Conclusão</i>	52
3.2.2. <i>O funcionamento interno dos subsistemas</i>	54
3.2.2.1. <i>Subsistema de transportes</i>	55
3.2.2.2. <i>Subsistema de uso do solo</i>	56

	12
3.2.2.3. <i>Subsistema de atividades</i> .....	57
3.2.2.4. <i>Conclusão</i> .....	59
3.2.3. <i>A interface entre os subsistemas</i> .....	61
3.2.3.1. <i>Subsistema de transportes</i> .....	62
3.2.3.2. <i>Subsistema de uso do solo</i> .....	62
3.2.3.3. <i>Subsistema de atividades</i> .....	63
3.2.3.4. <i>Conclusões</i> .....	64
3.3. COMENTÁRIOS FINAIS _____	67
3.3.1. <i>A interpretação do subsistema de atividades</i> .....	67
3.3.2. <i>Modelagem do funcionamento interno dos subsistemas</i> .....	69
3.3.3. <i>Medidas de impacto</i> .....	69
4. PROPOSIÇÃO DE MODELO CONCEITUAL DAS RELAÇÕES ENTRE USO DO SOLO, TRANSPORTES E ATIVIDADES _____	72
4.1. METODOLOGIA E LIMITAÇÃO DO ESCOPO _____	74
4.2. DISCUSSÃO DE MODELOS CONCEITUAIS REFERENCIAIS _____	76
4.2.1. <i>Miller (2003)</i> .....	76
4.2.1.1. <i>Diferenciação entre subsistemas</i> .....	76
4.2.1.2. <i>Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades</i> .....	77
4.2.1.3. <i>Interfaces entre subsistemas</i> .....	78
4.2.2. <i>Geurs e van wee (2004)</i> .....	79
4.2.2.1. <i>Diferenciação dos subsistemas</i> .....	79
4.2.2.2. <i>Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades</i> .....	80
4.2.2.3. <i>Interfaces entre subsistemas</i> .....	81
4.2.3. <i>Cascetta (2009)</i> .....	81
4.2.3.1. <i>Diferenciação dos subsistemas</i> .....	82
4.2.3.2. <i>Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades</i> .....	83
4.2.3.3. <i>Interfaces entre subsistemas</i> .....	84
4.3. MODELAGEM DOS SUBSISTEMAS CONSTITUINTES DO SISTEMA ALUTI _____	84
4.3.1. <i>Representando o subsistema de transportes</i> .....	85
4.3.2. <i>Representando o subsistema de uso do solo</i> .....	86
4.3.3. <i>Representando o subsistema de atividades</i> .....	88

	13
4.4. PROPOSTA DE MODELO ALUTI _____	90
4.4.1. <i>Elaboração do modelo “a priori”</i> .....	90
4.4.3. <i>As inter-relações entre os subsistemas</i> .....	95
4.4.4. <i>O indivíduo (ator) dentro do modelo aluti</i> .....	104
4.5. COMENTÁRIOS FINAIS _____	105
5. CONTRIBUIÇÕES DO MODELO ALUTI NO PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE URBANAS _____	106
5.1. DEMONSTRAÇÃO DA EVOLUÇÃO PARADIGMÁTICA DO PLANEJAMENTO NO MODELO ALUTI _____	108
5.1.1. <i>Planejamento de transportes</i> .....	109
5.1.2. <i>Planejamento da mobilidade</i> .....	111
5.1.3. <i>Planejamento da acessibilidade</i> .....	113
5.1.4. <i>O paradigma do planejamento da acessibilidade para os outros subsistemas</i> .....	117
5.1.5. <i>Princípios, valores e visão da cidade</i> .....	118
5.2. APLICABILIDADE DO MODELO ALUTI NA REPRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA _____	120
5.2.1. <i>Representação dos problemas a partir de uma proposta metodológica</i> .....	121
5.2.2. <i>Representação dos problemas a partir dos princípios e valores</i> .....	126
5.2.3. <i>Identificação das categorias de problemas de acessibilidade no modelo aluti</i> .....	129
5.2.4. <i>Discussão de resultados</i> .....	133
5.3. COMENTÁRIOS FINAIS _____	137
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES _____	138
6.1. CONCLUSÕES _____	138
6.1.1. <i>Representação do fenômeno de interesse</i> .....	139
6.1.2. <i>Relações de dependência (influências mútuas)</i> .....	140
6.1.3. <i>Diagnóstico dos problemas</i> .....	141
6.2. LIMITAÇÕES DA PESQUISA _____	142
6.3. QUESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS _____	146
REFERÊNCIAS _____	149
GLOSSÁRIO _____	158
ANEXO – LISTAGEM DE MODELOS LUTI RETIRADOS DA LITERATURA REVISADA _____	162



## 1. INTRODUÇÃO

A evolução dos grandes centros urbanos, principalmente aquela acontecida durante o século XX, resultou em aglomerados humanos que assumem dimensões extraordinárias, devido ao crescimento populacional e também à concentração de pessoas em cidades (HOBBS e STOOPS, 2002). Não obstante às suas dimensões, a complexidade das relações humanas que ocorrem em tal espaço vem ganhando importância dentro do discurso dos pensadores da cidade, tais como urbanistas, arquitetos e engenheiros, dentre todos os outros que assumem a cidade como seu principal palco de atuação e maior interesse. Desde as teorias de Bertalanffy, em meados da década de 1950, que fundavam a teoria geral dos sistemas, a maneira como se olha para tais problemáticas vem mudando.

Vários autores próximos da temática das cidades apontam para a abordagem sistêmica deste fenômeno como uma direção coerente com a evolução do pensamento científico. Destes autores, que são muitos, Wegener e Fürst (1999) tentam construir as primeiras pontes entre as disciplinas que abordam o tema 'cidade', confirmando a importância da abordagem sistêmica; Timmermans (2003) expõe a dificuldade com que as comunidades científicas vêm tratando as relações entre os subsistemas que compõem a problemática em foco; Simmonds, Waddel e Wegener (2011) trazem à tona argumentações de como tais sistemas devem ser tratados a partir da ideia de que a tradição aponta para uma interpretação estática destes, enquanto a realidade se mostra dinâmica, e ainda; Batty (2012) vai além e já aponta para os desdobramentos posteriores à abordagem sistêmica, em um pensamento complexo orgânico, conjecturando as consequências de se ultrapassar tal barreira que até agora parece intransponível.

Dentre os muitos autores, estando aqui ilustrados poucos deles, observa-se um ponto comum nos desenvolvimentos teórico/científicos que servem como ponto de partida para as tentativas de uma potencial abordagem complexa do planejamento de cidades. Este ponto comum é o reconhecimento da importância de dois dos subsistemas formadores das cidades, os subsistemas de 'uso do solo' e de 'transportes'. Na prática do planejamento urbano, muitos dos impactos (positivos ou negativos) reportados à sociedade pelos planejadores dependem (pelo menos) destes dois subsistemas. Entretanto, fazem apenas quatro décadas que os primeiros modelos de integração destas

duas disciplinas (que hoje em dia parecem indissociáveis) começaram a ser timidamente desenvolvidos. A partir daí uma interpretação mais objetiva permitiu que os desafios deste tipo de planejamento pudessem ser percebidos (IACONO, LEVINSON e EL-GENEIDY, 2008). Estas duas disciplinas são de grande importância por razões óbvias, o que não significa que outras disciplinas também não o sejam. A divisão do trabalho nas sociedades modernas resultou na alocação de funções (tais como residências, lojas, restaurantes, equipamentos de lazer, entre outros) no espaço. Concomitantemente, com o intuito de conduzir as necessárias atividades para a sua vivência, indivíduos são obrigados a se deslocar (TIMMERMANS, 2003).

Uma rápida revisão dos esforços de planejamento integrado expõe algum nível de dificuldade na concepção de metodologias claras deste planejamento. As razões destas dificuldades, segundo Magalhães e Yamashita (2009) podem ser o enorme número de variáveis envolvidas no comportamento humano, ou ainda a imprevisibilidade dos efeitos ao longo dos processos, que lançam um grau de incerteza nos resultados. Percebe-se aí um potencial ramo de desenvolvimento do conhecimento, ao tentarmos objetivar e tornar mais claras as metodologias de planejamento.

Em uma tentativa de ordenar os processos de tomada de decisão e principalmente do planejamento de onde culminam tais decisões, Garcia et al. (2013) propõem um esforço de pesquisa no sentido de identificar, em nível estratégico, os elementos necessários que devem constar nos esforços de planejamento destes fenômenos tão complexos, que são as cidades. Aparece na argumentação a importância da avaliação (do inglês, “*assessment*”), em especial dos seus passos iniciais, como atividade fundamental para a tomada de decisão, sem deixar de lado a relação intrínseca entre os dois subsistemas citados acima. A dificuldade de se lidar com problemas complexos exige uma metodologia que incorpore esta etapa estratégica de planejamento (MACÁRIO, 2007), bem como procedimentos metodológicos de identificação dos problemas e reais necessidades dos atores dos sistemas, para que só então seja plausível se falar em soluções. Evidencia-se aqui o que Garcia et al. (2013) descrevem como dicotomia entre planejamento baseado em soluções e aquele baseado em problemas. Sobre este assunto Vriens e Hendriks (2005) apontam uma fraqueza no processo de tomada de decisão dentro do planejamento. A decisão por uma alternativa melhor ou mais apropriada não pode ser entendida como suficiente quando esta é baseada em um processo apriorístico

de elaboração das alternativas, uma vez que esta é parte integral do processo. Não se pode entender, como é tradicionalmente praticado, que o problema simplesmente está lá, à espera de uma solução que sairá de um arcabouço de soluções. Isto vem para fortalecer o argumento de que o entendimento aprofundado da natureza do problema a ser resolvido é essencial para elaboração da solução, mas também deve ser entendido como indissociável do processo de tomada de decisão.

### **1.1. Descrição do Problema**

Podemos descrever as dificuldades enfrentadas no processo de planeamento de sistemas complexos como sendo constituídas de, pelo menos, duas partes. A primeira tem relação com a interpretação da realidade, referente a como ela é percebida pelos diversos atores responsáveis pelas suas transformações. A segunda refere-se às metodologias de intervenção nesta realidade, que deveriam constituir o cerne do campo do planeamento.

Do ponto de vista das ciências sociais aplicadas, podemos assumir que os atores, participantes dos fenômenos sociais em questão, constroem para si um modelo do seu ambiente social (DE LA BARRA, 1989). Os atores (pessoas, empresas, grupos sociais, etc.) percebem problemas condicionados por fatores culturais, ideológicos ou políticos, para os quais eles elaboram conjuntos de possíveis soluções (no formato de ações). A escolha da 'melhor' alternativa, ou aquela que promove o maior benefício (próximo do que seria chamado em economia de 'maximização da utilidade') baseia-se em uma construção abstrata de como a sociedade funciona (ex. a estrutura social, os valores envolvidos e possíveis reações de outros atores ou grupos de atores). De um modo similar, o planejador e o cientista social constroem teorias objetivas que representem o ambiente social que se pretende entender e intervir. Estas teorias dão origem a modelos, que também são construções abstratas.

Dentre as muitas dificuldades envolvidas na construção de modelos que representem a realidade, uma nos chama a atenção de modo especial. Por muito tempo (pelo menos ao longo do século XX), apesar de tratarem do mesmo ambiente socioespacial, grupos distintos de planejadores e cientistas (planejadores de transportes e do uso do solo, por exemplo) não só construíram modelos distintos uns dos outros, mas

estes modelos não se comunicavam e por vezes ignoravam a existência ou a importância dos demais. Acredita-se que este tipo de postura gere dificuldades de comunicação entre os grupos de profissionais, e também que tenham impacto nos resultados finais do planejamento. Outra dificuldade verificada (MILLER, 2003) é que mesmo passados mais de 40 anos dos primeiros esforços de aproximação desta modelagem, as aplicações integradas (pelo menos entre as disciplinas do planejamento dos transportes e do uso do solo) ainda não são tão frequentemente aplicadas na prática do planejamento como se poderia imaginar.

Um segundo problema refere-se às metodologias de intervenção. O planejamento de sistemas complexos (tais como as cidades) mostra-se desafiador por vários motivos. O grande número de variáveis envolvidas no objeto estudado e a própria natureza imprevisível do comportamento humano são duas razões destes desafios (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009). A literatura especializada (MEYER e MILLER, 2001; SOARES, 2014; GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013) aponta para algumas possibilidades de desmembramento do processo de planejamento, que frequentemente contemplam as etapas de identificação dos problemas, debate e escolha de alternativas, e implementação da alternativa ótima, seguidas de uma etapa (dita “*ex-post*” à implementação) de avaliação, manutenção e feedback é costumeiramente acrescida ao processo.

Assumindo as dificuldades apontadas para a interpretação da realidade, verifica-se que o processo de definição metodológica do planejamento apresenta-se comprometido desde sua primeira etapa: a identificação de problemas. Sem uma construção teórica adequada, que dê origem a modelos representativos da realidade socioespacial da cidade, a primeira etapa do planejamento está sujeita a uma parcialidade incompatível com a natureza complexa dos fenômenos estudados. Faz-se, portanto, necessário um esforço de associação das teorias de interpretação da realidade e das etapas metodológicas iniciais do processo de planejamento, ainda em seu nível estratégico. A seguir apresentamos um conjunto de questões derivadas destes dois problemas.

## 1.2. Questões de Pesquisa e Objetivos

Baseado no que apresentamos nas seções precedentes, as principais questões de pesquisa que pautam a elaboração deste trabalho são desenvolvidas a seguir. Iniciamos os questionamentos apontando para discussões de ordem teórica e organizacional. Da maneira como estão expostas aqui, as duas questões elaboradas se apresentam da seguinte forma:

- a) O planejamento da cidade como um sistema complexo está limitado a que dimensões da vida humana? Como os esforços para tratá-la se organizam?*
- b) Como a utilização de modelos pode nos ajudar a lidar com (planejar) sistemas complexos, formados por diversos componentes e subsistemas mutuamente interativos?*

Em seguida, uma vez esclarecidas muitas dúvidas e definidas posições (inclusive limitações do escopo desta pesquisa) referentes à base conceitual/teórica abordadas nas primeiras questões, nos aproximamos do fenômeno de interesse. As questões seguintes referem-se à maneira como o corpo de conhecimento sobre o planejamento integrado de cidades se estabelece. Mais duas questões definem as intenções de nossa pesquisa:

- c) Que componentes/subsistemas constituem a problemática em questão (planejamento da cidade como um sistema complexo), e como se dão suas influências mútuas?*
- d) Os modelos atuais poderiam nos auxiliar a entender melhor estes sistemas, ou precisamos de novos modelos? Se sim, como seriam estes novos modelos?*

Finalmente, após o aprofundamento do conhecimento sobre a interpretação da realidade urbana (dentro das limitações definidas para a pesquisa, que tem como foco maior o estudo do planejamento integrado de uso do solo e transportes), e das práticas de modelagem vigentes, questionamos sobre o próprio planejamento de cidades:

- e) Como poderíamos modelar conceitualmente estes sistemas complexos, de modo a contemplar a representação de interesses conflitantes entre grupos distintos de atores?*
- f) Como este modelo conceitual pode nos ajudar a alcançar um melhor planejamento urbano?*

Reconhecemos, a partir deste conjunto de questões uma necessidade de construção conceitual do entendimento da realidade, que deve ser expressa pelos objetivos da pesquisa, e perseguido com afinco. Prosseguimos para a definição dos objetivos (geral e específicos) da pesquisa.

### ***1.2.1. Objetivo Geral da Pesquisa***

Viabilizar melhorias na compreensão e nas possibilidades de planejamento das cidades através da construção de um modelo conceitual sobre o funcionamento dos sistemas urbanos complexos, que envolvam as relações de codependência entre os seus elementos constituintes.

### ***1.2.2. Objetivos Específicos***

- Definir as premissas básicas relativas ao planejamento integrado de sistemas complexos e do papel da modelagem neste planejamento, através de um referencial teórico sobre planejamento urbano integrado;

- Revisar os esforços de modelagem dos sistemas integrados de uso do solo e transportes (LUTI), de modo a entender adequadamente os mecanismos de funcionamento dos componentes de tais sistemas; e principalmente reconhecer as lacunas conceituas não endereçadas por tais esforços;

- Construir um modelo LUTI conceitual que preencha as lacunas identificadas pela revisão dos esforços atuais, descrevendo os componentes do sistema e suas inter-relações;

- Discutir a aplicabilidade do modelo ALUTI dentro do planejamento da acessibilidade e mobilidade urbana e sua contribuição para a representação dos problemas associados a este sistema complexo.

### ***1.2.3. Estrutura da Tese***

Após a atual seção introdutória da tese (Capítulos 1), organizamos o trabalho de pesquisa em quatro partes principais e mais uma conclusão. Primeiramente (capítulo

2), apresentamos as discussões conceituais que reconhecemos como necessárias para o melhor entendimento do tema da pesquisa. Elas cobrem alguns dos principais aspectos do processo de planejamento urbano, em termos das dimensões existentes neste ambiente, o envolvimento de disciplinas no seu planejamento e a evolução das metodologias de planejamento. Em seguida (capítulo 3), desenvolvemos uma necessária revisão de literatura, cobrindo os modelos de integração de uso do solo e transportes (identificados na literatura corrente como LUTI). A revisão proposta foca em três discussões conceituais: o reconhecimento e inclusão dos subsistemas formadores dos sistemas LUTI em seu processo de modelagem; o reconhecimento das funções internas dos subsistemas participantes em termos de relações de oferta e demanda, bem como seus “outputs” na forma de medidas de desempenho dos subsistemas; e, por último a interpretação das inter-relações entre subsistemas, em termos de como um subsistema afeta as decisões tomadas em outros subsistemas. No capítulo 4, propusemos um modelo conceitual que chamaremos de ALUTI (acrônimo do inglês: “*Activity, Land Use and Transport Interaction*”) de modo a lidar e possivelmente solucionar as dificuldades e lacunas enfrentadas pelos modelos LUTI correntes, observadas na revisão. O modelo proposto é fortemente baseado em três modelos conceituais propostos por Cascetta (2009), Geurs e Van Wee (2004b) e Miller (2003). Todo este esforço de modelagem tem como objetivo o auxílio ao processo de planejamento. Este processo é revisto no capítulo 5, onde, a partir de uma base sobre as evoluções paradigmáticas do processo, aspectos organizacionais, tipos de abordagens, e suas etapas constituintes, apresentamos como pode se dar a aplicação do modelo urbano integrado proposto no processo de planejamento estratégico da acessibilidade e mobilidade, mais precisamente na representação dos problemas. O capítulo 6 contém as conclusões e discussões finais do trabalho, onde as limitações e possíveis futuros passos da pesquisa são endereçados. Ao final do trabalho, destacamos um glossário, que apresenta individualmente alguns dos termos mais corriqueiros desta discussão. Seu intuito é de dirimir quaisquer ambiguidades associadas à terminologia empregada.

## **2. DISCUSSÃO SOBRE MODELAGEM E PLANEJAMENTO URBANO INTEGRADOS**

Este capítulo do documento pretende discutir e, ao seu final, estabelecer um conjunto de premissas básicas para que possamos abordar os desafios do planejamento integrado de sistemas urbanos. Importante ressaltar que esta pesquisa tem como principal foco, e limitação, a abordagem do planejamento urbano do ponto de vista da interação entre o uso do solo, os transportes e as atividades. Isto significa que as discussões desenvolvidas a seguir, embora possam ser aplicáveis a âmbitos de conhecimento mais abrangentes, tem seus limites estabelecidos pelo nosso interesse de melhor entender a modelagem integradora dos transportes e uso do solo, a princípio, e posteriormente, das atividades, como ferramenta do planejamento. Iniciamos esta discussão (seção 2.1.), apresentamos um breve histórico da evolução da modelagem dentro dos esforços de planejamento de cidades, sem a intenção de tratar exaustivamente da evolução do planejamento; seguido de discussões sobre sistemas complexos e cibernética (seção 2.2.), as dimensões do planejamento urbano (item 2.3.), as disciplinas envolvidas neste planejamento e sua interação (seção 2.4.), em seguida apresentamos um modelo, chamado de “*a priori*”, derivado da literatura e que servirá de parâmetro para a revisão apresentada no capítulo seguinte (seção 2.5.). Finalmente, tratamos do papel da modelagem dentro do planejamento (seção 2.6.).

### **2.1. Contextualização Histórica – A Modelagem integrada**

Apresentados no final do século XIX, os primeiros trabalhos relacionados ao esforço de organizar o funcionamento das cidades através de práticas de planejamento, os esquemas de cidades de Idefons Cerdá (1867), com a sua teoria geral da urbanização, Arturo Soria y Mata (1892), em suas tentativas de reestruturar o desenho da cidade de Madrid, e Ebenezer Howard (1902), e as suas teorias de cidade jardim, tratavam a cidade espacialmente e propunham zoneamento, distribuição populacional no território e caminhamentos. Apesar do pioneirismo na proposta metodológica para a prática da criação de novas cidades, não se vê naquele momento uma conceituação sistematizada dos elementos que constituem a problemática urbana. A estrutura lógica do planejamento urbano surgiu anos depois, em 1915, com o trabalho de Patrick Geddes “cidades em evolução”, que fortemente indica a necessidade de pesquisas sistemáticas precedentes ao

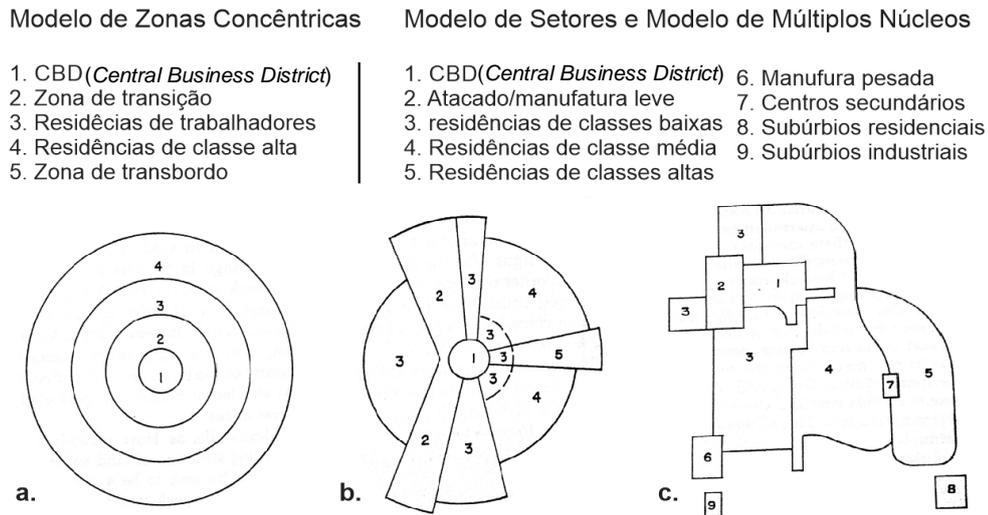
processo de planejamento; e daí lança as bases da Geografia Humana que daria, posteriormente, origem ao que se conhece por Ecologia Humana; a relação humana com o seu ambiente. Reconhece-se ainda a importância da *Carta de Atenas* para o início do urbanismo como disciplina “cientificizada”, sendo este um esforço do grupo de pensadores do primeiro terço do século XX que construiu as bases do que seria a prática da arquitetura e do urbanismo até a década de 1960 em boa parte do planeta. Este documento, redigido durante o CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna) de 1933, categorizava a existência humana em espaços urbanos como sendo dividida em funções básicas que deveriam atender a todas as necessidades. “*O dimensionamento de todas as coisas no dispositivo urbano só pode ser regido pela escala humana. As chaves para o urbanismo estão nas quatro funções: habitar, trabalhar, recrear-se e circular*” (CIAM, 1933). Estes quatro itens da Carta de Atenas tinham como premissa básica a distribuição de áreas destinadas a funções urbanas específicas, que eram entendidas como suficientes para o desenvolvimento humano em sociedade urbana. Eram, portanto, basicamente uma divisão teórica das dimensões da cidade; distintas, mas complementares umas às outras. Percebe-se aqui esforço, não sistematizado, de planejamento urbano sistêmico.

### **2.1.1. O Pós-guerra – Décadas de 1940 e 1950**

Nestas décadas, alguns modelos espaciais urbanos surgiram a partir dos esforços do movimento conhecido como Escola de Chicago, relacionados às teorias da ecologia humana. Segundo seus criadores, a análise ecológica vai bem além da distribuição de pessoas e edifícios no espaço, tratando com maior apreço as relações sociais e seus reflexos no espaço da cidade; naquele caso, de Chicago. O crescimento urbano era uma preocupação constante já naquele tempo. Os esforços generalistas dos ecólogos deram origem a alguns modelos de uso (onde se localizam) e ocupação (como e quanto tomam do espaço) do solo urbano, dos quais três se destacam (ver Figura 1) tendo sido tratados por diversos autores (KAISER, GOLDSCHALK e CHAPIN, 1995; TORRENS, 2000; RODRIGUE, COMTOIS e SLACK, 2006): o modelo concêntrico de Burgess datado do final da década de 1920, que conjuntamente com o modelo Setorial de Hoyt (datado de 1939), foram base para uma abordagem mais elaborada, firmada pelo modelo polinucleado de Ullman, 1945. Estes modelos trataram do uso e ocupação do solo de

maneira simples, ignorando elementos entendidos como básicos, já na época, como a topografia ou mesmo os traçados viários, apesar de se valerem de medidas de distâncias representando o que viria a ser tratado posteriormente como medidas de acessibilidade.

Figura 1. Escola de Chicago: Modelo Concêntrico de Burgess (a), Modelo Setorial de Hoyt (b) e Modelo de Múltiplos núcleos de Ullman (c).



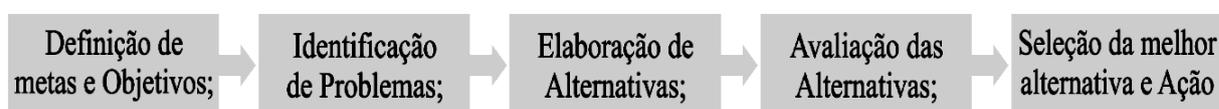
Fonte: (KAISER, GOLDSCHALK e CHAPIN, 1995)

Críticas aos modelos ecológicos já apontavam à época para a incapacidade de se validar os modelos propostos, alegando que o surgimento de centralidades urbanas (como o caso dos núcleos do modelo setorial) era muito influenciado pela existência de traçados viários – o que se interpreta não como a infraestrutura viária propriamente dita, mas sim os desejos de deslocamento de seus concidadãos - já reconhecendo a necessidade de integração destas disciplinas em modelos futuros. Acima de todas as limitações verificadas nos modelos e na abordagem do planejamento do espaço urbano, pode-se apontar para uma questão conceitual básica. Até a década de 1950 o planejamento urbano era entendido como um produto *racional* que mostrava como o futuro estado físico da cidade deveria ser concretizado. Evitava-se o exercício de avaliar alternativas futuras, tendo isto advindo do senso, construído desde os tempos de Geddes, no qual o planejador deveria, a partir de pensamento lógico, encontrar a única resposta correta para a situação em questão. Uma proposta metodológica muito comum de planejamento durante décadas (entre 1920 a 1960), representada por: **Pesquisar** → **Analisar** → **Planejar** (HALL e TEWDWR-JONES, 2010), emergiu deste modo de pensar e foi útil até aquela época.

### 2.1.2. Década de 1960 – Mudança Paradigmática

A década de 1960 foi um marco importante na evolução da modelagem, mudando o planejamento urbano como este é conhecido atualmente. Foi em meados de 1965, e posteriormente reforçado em 1968 pelo “*Town and Country Planning Act*” na Inglaterra, que o planejamento urbano passou a ser tratado como um processo contínuo. Antes disto tratava-se apenas de desenvolvimento de “*Master Plans*” (planos diretores), identificados pela estaticidade e detalhamentos de propostas cristalizadas de um futuro imutável. O planejamento urbano, procurando um modelo normativo ideal de tomada de decisão, culminou na proposta observável na Figura 2 (MEYER e MILLER, 2001), bem como algumas variações desta. Este novo modo de pensar contrastava bastante com o anterior, incorporando etapas relacionadas à identificação de problemas, produção e avaliação de alternativas possíveis de soluções.

Figura 2. Modelo de tomada de decisão, adotado pelos planejadores, principalmente de transportes, nas décadas de 1960



Fonte: (MEYER e MILLER, 2001)

O próprio entendimento das etapas a serem vencidas no processo de planejamento urbano passou por uma completa revisão. A sequência padrão de coletar dados, analisá-los e desenvolver os planos, surgida das propostas normativas de Geddes (HALL e TEWDWR-JONES, 2010), a qual propunha uma abordagem racionalista, buscando a otimização do sistema, fora completamente substituída por um novo processo que incorporava uma característica de *ciclo contínuo (feed-back ou retroalimentação)*, apresentando uma tentativa mais próxima da simulação de cenários futuros. Os modelos propostos incorporavam os adventos da cibernética, reunindo a ideia de monitoramento do processo, materializados na condição de retroalimentação e controle. Propunha-se a melhoria dos métodos de planejamento, sem, contudo, introduzir o conceito de integração, uma vez que a retroação prevista na proposta metodológica era estritamente de monitoramento. Não se pensava em retroalimentação transdisciplinar.

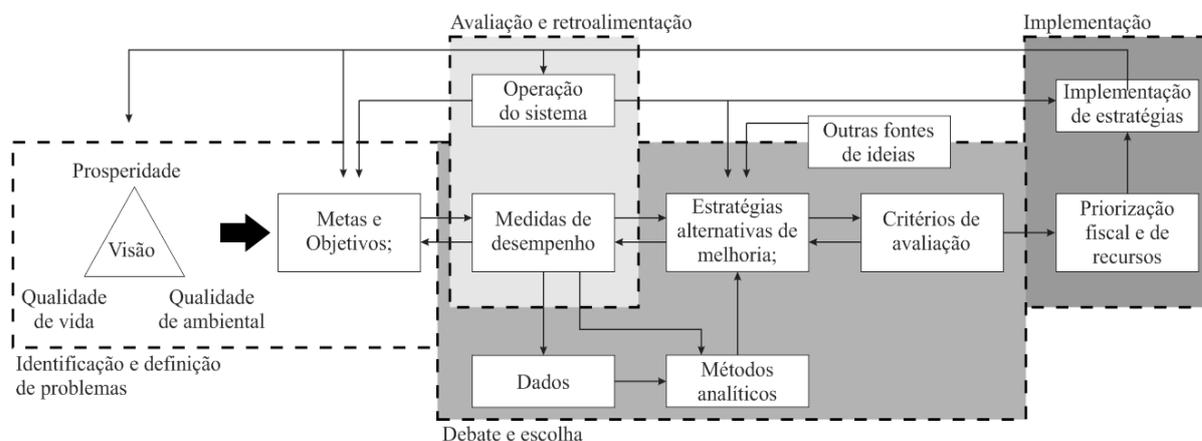
Foi nesta década que surgiu o trabalho seminal de Jane Jacobs (1961), com pesadas críticas ao modelo modernista de planejar (exemplificado pela “*cit  radieuse*” de Le Corbusier), baseado em obras de grande escala, com opera es de destrui o e reconstrui o de grandes áreas, impondo um ordenamento desumano ao espaço. Jacobs defendia que a cidade era fruto de práticas coletivas, que ruas mais vivas tornavam as cidades mais atraentes, e que a diversidade de usos e de grupos sociais eram valores primordiais a serem defendidos. Suas críticas tornaram-se prática em vários episódios de insurgência popular contra efeitos nefastos dos projetos modernistas, em todo o mundo (FAISNTAIN, 2015). A importância da percep o da cidade a partir do ponto de vista do seu usuário/cidadão foi a influência necessária para o desenvolvimento de outro trabalho importante, de autoria de Kevin Lynch (1960). Em seus estudos de percep o ambiental, Lynch descrevia e analisava a cidade através da experiência dos moradores do sistema urbano (de baixo para cima), desconsiderando totalmente o desenho planejado (de cima para baixo) por arquitetos/urbanistas.

Foi ainda nesta época que aconteceu em escala global uma nova onda de preocupa o com o modo de crescimento das cidades e, principalmente, com os meios de transporte necessários para que tal crescimento pudesse ser mantido (HALL e TEWDWR-JONES, 2010). O planejamento dos transportes passou a ser central na questão espacial urbana, tendo sido importados, primeiramente para a Europa, os estudos de Chicago e Detroit sobre transportes. Conjuntamente com o incremento do uso do computador e da tentativa de relacionar os padrões de uso do solo urbano e aqueles dos transportes, verifica-se neste momento o surgimento dos primeiros modelos computacionais integrados de planejamento destas duas disciplinas. Interessante ressaltar que ainda naquela década os estudos de transportes, que focavam nas rela es econômicas de custo/benefício para se tomar decisões, passaram a sofrer pressões da sociedade exigindo maior preocupa o com questões ambientais e outras externalidades urbanas. A etapa de avalia o econômica, que até a década anterior não era levada em considera o, passou a ser um dos carros chefe no desenvolvimento de modelos de planejamento. Segundo Torrens (2000), os modelos eram acusados de trazerem ao cenário de planejamento urbano uma desnecessária complexidade, além de serem vorazes consumidores de dados, apresentarem ordenamento mecanizado, resolu o de atua o inadequada e falta de transparência das análises (entendidos como “caixa preta”).

### 2.1.3. Integração no Planejamento Contemporâneo

Muitas das críticas aos modelos auxiliares do planejamento foram endereçadas e resolvidas ao longo das décadas seguintes, principalmente pelo incremento da capacidade computacional e na disponibilidade facilitada de dados. Entretanto, observa-se que, apesar de e em parte por causa destes avanços, outros problemas surgiram. As novas dificuldades foram creditadas a deficiências mais profundas nas construções teóricas, como aponta Torrens (2000) e Timmermans (2003). A evolução na construção de propostas metodológicas de planejamento urbano (mais especificamente dos sistemas de transporte) culminou, até pouco tempo atrás, com a proposta de Meyer e Miller (2001), apresentada na Figura 3, na qual se observa a manutenção do pensamento em etapas (Identificação dos problemas, Escolha de alternativas, Implementação e Monitoramento/avaliação) e na retroação.

Figura 3. Proposta metodológica de planejamento, apresentada por Meyer e Miller (2001), com as etapas explicitadas da tomada de decisão.



Fonte: Meyer e Miller (2001)

Dentre as críticas apresentadas a este modelo, que é amplamente reconhecido pela comunidade do planejamento de transportes, aparecem indicadas limitações quanto à etapa de *identificação de problemas*. As argumentações apontam para a inexistência de etapa metodológica que permita ao planejador entender (avaliar ou diagnosticar) a realidade existente (pré-intervenção); que é entendida como essencial para a própria identificação dos problemas, e para a delimitação dos objetivos.

Reconhece-se, portanto, aqui uma direção do desenvolvimento do conhecimento sobre o planejamento e modelagem integrada. A incapacidade de se construir metodologicamente etapas de entendimento do fenômeno estudado é legitimada pela inexistência de teorias sobre os fenômenos de interesse - nas críticas de Torrens (2000) este fenômeno é a cidade. Se 60 anos atrás as cidades eram oficialmente encaradas como sistemas (BATTY, 2012), até pouco tempo atrás as ideias mais progressistas do planejamento ainda reconheciam nas abordagens centralizadas o meio de melhor planejá-las (CHADWICK, 1971; BATTY, 2012). Destaca-se a crescente necessidade, percebida por estudiosos e autoridades, de se recorrer à participação popular, mais uma fronteira do planejamento a ser desvendada, como meio de entender e analisar os problemas a serem solucionados (FAISNTAIN, 2015). A complexidade da cidade vai para o centro da discussão. Surge, a partir da percepção da cidade como um sistema complexo e auto organizado e conseqüentemente bastante resiliente (dificilmente desequilibra-se a ponto de atingir o colapso) (BATTY e MARSHAL, 2009), a necessidade de se tratar problemas de outra ordem, tais como as inequidades e ineficiências geradas por estes processos espontâneos e materializadas na forma da cidade; bem como seus efeitos dentro de sistemas maiores (ex.: as redes de cidades, o meio ambiente, etc.). Ao associarem, em sua modelagem, conhecimentos acerca de densidades, uso de energia, acessibilidade e mobilidade (para citar alguns) permitiu aos planejadores sonharem com um outro tipo de cidade, que ainda necessitava combinar de maneira muito complexa questões morfológicas, espaciais e não espaciais (BATTY e MARSHAL, 2009). E mesmo assim, depois de décadas de esforço neste sentido, ainda nos deparamos com esforços de modelagens que tem imensa dificuldade em associar e/ou relacionar padrões de comportamento e movimento, que possam ser traduzidos em medidas de densidade, ou que incorporem os custos energéticos envolvidos. Não sabemos os efeitos, em termos de consumo energético, de desenvolvimentos mais ou menos densos; ou se os efeitos climáticos percebidos por nós têm em suas causas contribuição do modo como produzimos cidades. Após os modelos revisados de cada época, como o estudo do espraiamento urbano/cidades compactas, as dicotomias centro/periferia, passando pelas propostas de estudos morfológicos científicos da “*space syntax*” (HILLIER e HANSON, 1984) e do “Novo Urbanismo” (TALEN, 1999), nos deparamos com a necessidade de uma abordagem que incorpore todos estes avanços de modo complexo.

Por estas características, as teorias de sistemas complexos parecem ganhar importância em relação ao planejamento de cidades. Pensar em cidades como sistemas complexos nos leva de volta às ideias de Jacobs (1961), em que a cidade é o ‘cenário’ resultante de interações entre as menores partes do sistema, de onde as heterogeneidades resultantes destas relações complexas maximizam oportunidades (BATTY e MARSHALL, 2009) e apresentam efeitos emergentes, próprios dos sistemas complexos. A partir daí, reconhecemos a importância de expandir a abrangência das modelagens tradicionais auxiliares do planejamento de cidades. O nosso limitado escopo de pesquisa tem como foco a integração apenas da modelagem dos fenômenos do transporte, do uso do solo e das atividades humanas, tendo como ponto de partida o reconhecimento de conceitos básicos da cibernética e da teoria da complexidade.

## **2.2. Abordagem dos Sistemas Complexos**

Primeiramente, “sistemas” podem ser descritos como “...*a construct or collection of different elements that together produce results not obtainable by the elements alone*”, ou seja, um construto ou coleção de diferentes elementos que, quando juntos produzem resultados não obtíveis a partir dos elementos isolados (SOKOLOWSKY e BANKS, 2009). Assumimos desde o princípio deste trabalho a interpretação de que a cidade é um sistema, e mais ainda, que pode ser entendida como um sistema complexo. A abordagem de sistemas complexos vem sendo objeto de pesquisa desde o fim da década de 1940, com o advento da cibernética, que pretende entender o funcionamento de diversos fenômenos como sendo um conjunto de sistemas que se inter-relacionam. Ao observarmos a história podemos perceber que as várias disciplinas do conhecimento humano se desenvolveram separadamente, cada uma em seu nicho, na busca da simplificação do conhecimento sobre os fenômenos que cercavam o homem. Esta proposta disjuntiva dos conhecimentos tem sua origem, segundo Morin (2005), em Descartes, que formulou o que o autor chama de paradigma da simplificação, no qual se aponta como falha do pensamento científico contemporâneo a sua incapacidade de tratar de fenômenos complexos: “*ou ele unifica abstratamente ao anular a diversidade, ou, ao contrário, justapõe a diversidade sem conhecer a unidade*”. Desta argumentação extrai-se

a necessidade da construção de uma abordagem única, abrangente e que relacione a complexidade dos fenômenos estudados.

Estes desafios não acontecem diferentemente para as disciplinas que tratam da complexidade do fenômeno urbano. Muitos autores já contribuíram para esta discussão e serviram de base para a reflexão sobre abordagens do planejamento e modelagem de cidades. Dos vários trabalhos que serviram de referência (JACOBS, 1961; BATTY, 2005; BATTY e MARSHAL, 2009; CASTELLS, 1996) percebe-se uma predominância de duas abordagens quanto ao entendimento de como a cidade evolui. Estas duas abordagens refletem duas escolas distintas de pensamento: os que acreditam no planejamento deliberado, e aqueles que acreditam na cidade como sistema auto organizado (ou de evolução espontânea). Ao nosso ver, as duas abordagens não são antagônicas, e parecem não ser suficientes quando isoladas. O planejamento deliberado, tanto como disciplina quanto como prática, teve sua origem na incapacidade de as regras autoregulatória do mercado (ou a “mão invisível do mercado” sugerida por Adam Smith em seu livro “A riqueza das nações” (2003) em lidar com problemas (geralmente de ordem pública/coletiva e externalidades) exacerbados a partir da segunda revolução industrial (em meados do século XIX) e seus efeitos na cidade moderna. Por outro lado, as práticas modernas de planejamento urbano também se mostraram falhas, ao tentarem aplicar o método científico para controlar, e em muitos casos prever, o desenvolvimento da cidade, que se mostra menos compreensível (ou mais complexa) do que o desejável. Sendo assim, nos resta apenas duas possibilidades, ou reconhecemos ambos os processos como falhos e os refutamos para que sejam substituídos por uma terceira proposta mais eficaz, ou assumimos que a realidade é menos linear e/ou homogênea e que os dois pontos de vista são complementares e indispensáveis, uma vez que a espontaneidade da evolução não elimina o planejamento deliberado e vice-versa.

Acreditamos que o propósito principal do planejador seja ser capaz de intervir no fenômeno de interesse de maneira a induzir certos acontecimentos ou padrões. Se o planejador não reconhece como aceitável ou suficiente a postura de simplesmente “esperar para ver” os resultados “emergentes” deste sistema complexo, nos parece inviável que ele adote exclusivamente a abordagem de que a cidade seja autorregulada, ou ainda abdicar por completo da “intervenção artificial” proposta pelo planejamento deliberado. Portanto, seguimos neste trabalho com a intenção de contribuir com o

processo de planejamento deliberado do complexo fenômeno urbano. Assumimos, portanto, a complexidade da problemática urbana, seus aspectos multidimensionais e transdisciplinares, e reconhecemos a necessidade de desenvolvermos três discussões complementares. Primeiro, quanto ao que compete a teoria do planejamento, em específico, do planejamento urbano. Segundo, quanto às disciplinas, ou campos do saber, que tratam do planejamento urbano. Terceiro, e último, quanto à evolução metodológica do planejamento urbano.

### **2.3. As Dimensões do Planejamento Urbano**

O reconhecimento de que a cidade deve ser tratada como um fenômeno complexo, multidimensional e, conseqüentemente, transdisciplinar vem sendo sistematicamente reafirmado na literatura. Este reconhecimento remete à importância da maneira como se deve abordar o seu planejamento. Cada cidade, como mais do que a soma de suas partes, exige mais do que a junção de esforços paralelos de planejamentos disciplinares. Infere-se disto que abordar o fenômeno urbano como problemática única, com múltiplas dimensões integrando disciplinas diversas, permitiria conceber uma metodologia de planejamento que contemple sua essência sistêmica.

Tradicionalmente, a prática do planejamento urbano tem acontecido, de maneira paralela, dentro de várias disciplinas do conhecimento humano. Cada especialidade se “apodera” ou lança mão do conhecimento relativo aos seus fenômenos de interesse, identificando problemas e construindo métodos próprios de solução, quase sempre tratando os demais elementos constituintes desta realidade como irrelevantes ao processo, excluindo-os, portanto dos seus estudos, ou como elementos exógenos, que contribuem como dados de entrada para que fenômenos ditos importantes sejam “compreendidos”.

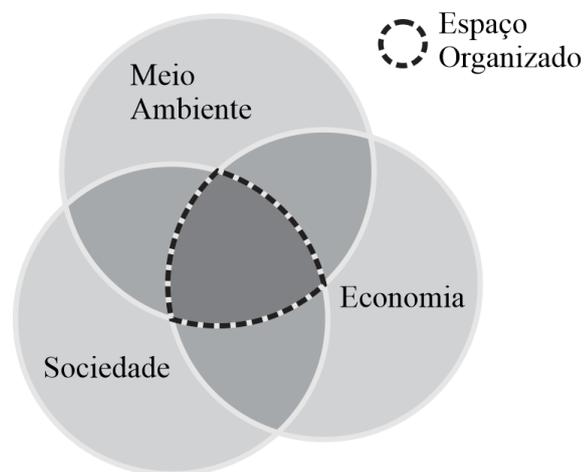
Hall e Tewdwr-Jones (2010) apontam o fato de que o planejamento urbano exige o que se chama de componente espacial ou geográfica, na qual os objetivos a serem atingidos são resumidos em prover a sociedade de uma estrutura espacial melhorada, se comparada à pré-existente. Com esta afirmação formaliza-se o entendimento de que o planejamento urbano é prioritariamente preocupado com a porção espacial do fenômeno urbano; não limitado ao pensamento espacial, mas com resultados que necessariamente

são de transformação espacial. As outras dimensões do planejamento urbano são, portanto, aquelas cujos objetivos apontam para resultados não-espaciais. Destaca-se, entretanto, que outras dimensões deste esforço de planejamento podem e devem ter reflexos espaciais, uma vez que se entende a problemática urbana como sendo intrincada e retroalimentada em si mesma. O planejamento econômico, por exemplo, preocupa-se em olhar prioritariamente para como se desenvolve a estrutura econômica de certa região, seus insumos, investimentos, mercados produtores e consumidores, etc.; mas olha também para elementos espaciais que tenham efeitos diretos nos componentes da economia. A dimensão econômica tem, portanto, papel importante no planejamento urbano, sendo a mesma lógica aplicável a outras dimensões como a social, a cultural, e a ambiental.

Alguns autores trazem à discussão o papel do espaço na construção do habitat e da sociedade humana. Lefebvre (2001) diz que o espaço é um produto social, embora simultaneamente reconhecido como um meio, um instrumento e uma medida da produção de relações sociais. Reforçando essa compreensão, Soja (1993) acredita que a espacialidade deva ser entendida não só como o produto, mas também como o meio pelo qual o ambiente social é moldado; isto é, o espaço organizado é o resultado da organização política e das experiências sociais, enquanto serve de palco para as transformações acontecerem. Este autor, ao reinterpretar Lefebvre, diz que uma dialética sócio-espacial complexa emerge, na qual as relações sociais e espaciais são inter-reativas e interdependentes. Santos (2009) também traz à tona a discussão do espaço como um composto das relações sociais e de configuração social. Dito isto, busca-se no entendimento de Bunge (1979) uma leitura para as dimensões que formam este intrincado complexo: “a própria existência da sociedade humana – de sua economia, cultura e política – tem raízes biológicas que não podem ser cortadas e restrições psicológicas que não são facilmente distorcidas”. O autor reforça a ideia de que, apesar de novos modos de organização, cooperação, ou mesmo de novos pensamentos, é sempre a partir de tais raízes biológicas, apontadas para a cultura, política e a economia, que a estrutura social, e conseqüentemente a estrutura espacial, se formam. Em esforços mais recentes (UNITED NATIONS, 1992) os pilares básicos do desenvolvimento sustentável são lançados na conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento produzindo uma declaração chamada de Agenda 21. Em seu sétimo capítulo, o documento traz

discussões específicas sobre o desenvolvimento urbano, que se baseiam em princípios universais, onde as dimensões social, ambiental e econômica são inextricavelmente ligadas. A partir daí definimos, na Figura 4, uma proposta de representação das relações entre as dimensões partícipes do planejamento urbano. O espaço, protagonista do planejamento urbano é entendido como ‘espaço humano organizado’, que é por pelo menos três dimensões básicas, Ambiental, Social e Econômica, inter-relacionadas e associadas a certos princípios.

Figura 4. Dimensões do planejamento urbano sustentável.



Fonte: Elaborada pelo autor

Apresentamos aqui uma breve descrição dos componentes das dimensões que formam a estrutura lógica do nosso modelo. *Dimensão Ambiental* – É constituída dos recursos naturais, tais como o ar, as águas (mares, rios, etc.), vegetação, energia, solo, etc. Bem como de certos condicionantes naturais de certas regiões, tais como, clima, geografia, geologia, geomorfologia, etc. (MU, 2013). *Dimensão Social* – Compreende a demografia (populações, distribuições espaciais, estrutura etc.), os atores públicos (o Estado e seus governos) e privados (proprietários fundiários, donos dos meios de produção, promotores imobiliários, grupos sociais excluídos) (CORRÊA, 1995), Hierarquias, regulamentações, *Dimensão Econômica* – as relações de valor (de troca e de uso), a definição, distribuição e organização de bens e riquezas, ou ainda, utilização, produção e distribuição de bens e serviços, além dos desenvolvimentos e condicionantes micro econômicos. Assumimos que o espaço do planejamento (dito humano e organizado)

depende de componentes físico-naturais, organizacionais e de valoração, de tal forma que este espaço se encontra no cruzamento das dimensões. Adicionalmente, segundo a (UNESCO, 2010), a dimensão social relaciona-se com a garantia da justiça e da equidade, a ambiental relaciona-se com a utilização cuidadosa dos recursos naturais, e a econômica relaciona-se com a produtividade eficaz. No cruzamento das três dimensões encontramos o desenvolvimento sustentável.

Tipicamente encontradas nos esforços de planejamento urbano, estas dimensões inter-relacionam-se intensamente, sendo cada uma delas objeto de estudo de uma ou mais disciplinas ou áreas de expertise. Tais disciplinas, por sua vez, não são inteiramente limitadas a uma dimensão apenas, sendo normalmente comprometidas com elementos espaciais, sociais, econômicos e/ou ambientais. Disciplinas voltadas, por exemplo, para o ordenamento do uso do solo, para o planejamento dos transportes, ou para a regularização fundiária, são constituídas de diferentes porções relativas a cada dimensão citada, sendo todas contidas pelo 'espaço organizado', que surge então como produto, planejado ou não, da sociedade.

#### **2.4. As Disciplinas Envolvidas no Planejamento Urbano**

Neste processo de planejamento das cidades tem-se verificado ao longo do tempo um anseio crescente pelo aprofundamento dos conhecimentos sobre os elementos constituintes do fenômeno estudado. O que se chama de 'ciência das cidades', que há muito tempo vem construindo meios de entender a estrutura e ordenamento dos ambientes construídos, são sabidamente influenciadas pela crescente ciência da complexidade (BATTY, 2012). Sabe-se, entretanto, não ser exclusividade das ciências que tratam do ambiente construído pelo homem, esta tentativa de especialização do conhecimento humano. Neste propósito de abordagem especializada, grupos de pessoas com interesses específicos acabaram por formatar o que poderia ser chamado de ilhas de conhecimento. Utilizou-se o termo 'ilha' já que se reconhece algum nível de isolamento entre as comunidades técnico-científicas que desenvolvem seu respectivo conhecimento da realidade (do princípio cartesiano, seria o que Morin (2005) chama de noção de separabilidade, um dos pilares do pensamento científico clássico). Em um contexto mais simples de análise, envolvendo áreas não tão afins, a instalação de tal estrutura poderia

não ser tão criticável; entretanto, sérias dificuldades são enfrentadas quando se constituem diversas ilhas de saber a respeito de um mesmo fenômeno com elevado grau de auto interdependência e complexidade. No caso do fenômeno urbano, podemos verificar a existência destas ilhas, que pouco interagem compartilhando seus conhecimentos, optando por construir linguajar, práticas e métodos distintos, pela dificuldade de se realmente entender o funcionamento da cidade. Para isto, necessitamos mais do que planejadores, geógrafos, arquitetos, sociólogos e economistas, uma vez que esta é uma busca verdadeiramente interdisciplinar (BATTY e MARSHALL, 2009).

Uma alegoria possivelmente representativa do paradigma tradicional de planejamento urbano, baseado na atuação isolada das suas diversas ilhas, é aquela ilustrada por um cubo mágico (Rubik's cube – Figura 5). Sendo o cubo a representação metafórica do fenômeno urbano, cada face de uma determinada cor representaria uma disciplina tratada por uma comunidade técnico-científica específica. Pode-se dizer que a tentativa de solucionar a problemática urbana, metaforizada na aleatória mistura de cores nas várias faces do cubo, seria aquela que busca posicionar cada um dos pequenos quadrados de mesma cor em apenas um de seus lados. Imagine-se agora que as disciplinas responsáveis por cada cor são trabalhadas separadamente em suas ilhas, sendo os seus esforços primariamente voltados para resolver apenas a sua face do cubo. Soluções derivadas desta linha de ação (qualquer que seja a disciplina em questão) incorreriam em intervenções possivelmente benéficas para as suas causas, mas potencialmente danosas aos objetivos de outras disciplinas.

Figura 5. Cubo mágico ("*Rubik's cube*") como metáfora do planejamento urbano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Aponta-se aqui uma relevante lacuna conceitual, trabalhada pela ciência da complexidade (BATTY e MARSHAL, 2009). Abordagens integradoras tentam construir maneiras de aproximar esforços independentes, de duas ou mais disciplinas, no trato dos problemas urbanos; entretanto, vêm obtendo reduzido sucesso no desenvolvimento de metodologias que reconheçam tal problemática como algo mais abrangente (PIETRANTONIO, GUALDA e STRAMBI, 1996; WEGENER e FÜRST, 1999). Deve-se considerar que os problemas que assolam os espaços urbanos têm importância para mais de uma disciplina, inclusive devido à complexidade das interações que ocorrem em seu interior. Parece plausível afirmar que, em uma situação complexa, composta por variadas disciplinas que abordam as distintas dimensões do planejamento, com efeito no ‘espaço organizado’, os problemas sejam encarados diferentemente pelos diversos atores envolvidos na construção das cidades. Cada ator reconhece problemas específicos que requerem soluções nem sempre convergentes. A dificuldade em tratar a problemática urbana está no fato de que soluções para diferentes problemas podem ser contraditórias ou incompatíveis entre si. Lidar com tal dificuldade é parte dos objetivos dos estudos de sistemas complexos.

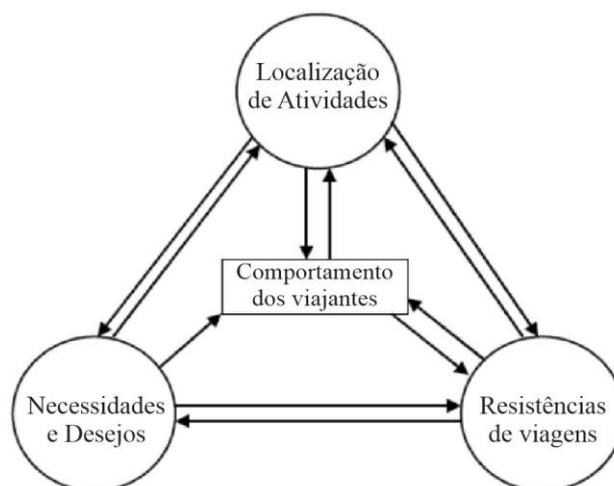
A seguir, discutimos a interpretação do fenômeno urbano a partir de uma proposta de planejamento integrado. Esta discussão traz consigo algumas interpretações sobre as disciplinas envolvidas, suas interações complexas, e a proposição de um modelo conceitual simplificado sobre o funcionamento do que atualmente se chama de sistema LUTI (do inglês “*Land Use and Transport Interaction*”). O modelo proposto na seção subsequente é chamado de “*a priori*” (do latim, significando “de antes” ou “do anterior”) por se tratar de um construto baseado não no empirismo ou experiência, mas sim na constatação conceitual e teórica; bem como pelo fato de, nesta pesquisa, servir de base anterior para a construção das demais etapas de investigação.

## **2.5. Modelo “*A Priori*” do Fenômeno Urbano**

Com a intenção de contribuir com o planejamento urbano integrado, desenvolvemos um modelo do fenômeno urbano que chamamos de “*a priori*”. Este modelo serve de estrutura básica para futuras contribuições à modelagem. Sua construção foi baseada nas mais recentes contribuições da literatura especializada, que reconhece os

sistemas LUTI como formados por dois subsistemas: o sistema de uso do solo, compreendendo as localizações espaciais das funções urbanas; e o sistema de transportes, abrangendo a demanda por movimentos de pessoas e cargas, e suas características necessárias (infraestruturais ou não). Entretanto esta mesma literatura apresenta indícios da existência de um terceiro subsistema, chamado de subsistema de atividades, que relaciona as atividades humanas oportunizadas. Van Wee (2002) indica a existência destes três sistemas (Figura 6) ao estudar quais elementos influenciam o comportamento (decisões) de um grupo específico de atores do sistema, os usuários do sistema de transportes. Decisões pessoais relativas a deslocamentos, de acordo com Van Wee, são provenientes de três características principais: os necessidades e desejos individuais, à localização de atividades (sic.), e à impedância imposta pelos transportes. Nós interpretamos que necessidades e desejos dizem respeito a características socioeconômicas, culturais, profissionais, e outros aspectos, que regem as relações entre atores (pertinentes a um sistema de atividades humanas); localizações se referem à distribuição espacial dos usos e suas transformações espaciais/morfológicas (pertinentes a um sistema de uso do solo), e as impedâncias de transporte se referem a capacidade física e operacional, custos e suas relações com a demanda por deslocamentos (pertinentes ao sistema de transportes).

Figura 6. Elementos que influenciam no comportamento de um tipo específico de atores, os viajantes (usuários do sistema de transportes).



Fonte: (VAN WEE, 2002).

Quanto ao comportamento dos atores (de qualquer tipo, sejam eles públicos ou privados, usuários ou provedores), inferimos que cada subsistema exige um conjunto diferentes de decisões a serem tomadas, sendo elas relativas à natureza do subsistema (STEAD, 2001; MILLER, 2003; WEGENER, 2014). Para o subsistema de transportes, as decisões se referem à demanda de viagens (ex.: Viajar ou não, por que meio de transporte, tomando que rota, etc.) ou à oferta (ex.: Construir um BRT ou um metro, alargar ou não uma via, etc.); para o subsistema de uso do solo, as decisões se referem à demanda por localizações (ex.: Onde morar ou localizar uma empresa, e ainda onde construir e desenvolver o solo urbano, etc.), ou a oferta de espaço organizado (ex.: Definições de índices de aproveitamento do solo, proibir ou não certas ocupações, etc.); e finalmente, para o subsistema de atividades, as decisões se referem às demandas provenientes dos desejos e necessidades humanas (ex.: Trabalhar, estudar, residir, divertir-se, sociabilizar, etc.), mas também da oferta de oportunidades (ex.: Provimento de vagas de trabalho, capacidade produtiva de bens de consumo, etc...). Todas as decisões envolvidas nestes subsistemas são mutuamente influenciáveis, suscetíveis às características socioeconômicas (STEAD, 2001) de todos os atores envolvidos.

Uma vez descrita a estrutura geral do modelo conceitual, nós continuamos com a discussão dos subsistemas em maior detalhe. Modelos LUTI geralmente representam as interações entre subsistemas através de “conectores” que frequentemente tomam a forma de indicadores. Dentre os indicadores presentes na literatura sobre sistemas LUTI as medidas de acessibilidade assumem papel de grande importância, como o mais reconhecido e aplicado “conector” entre os subsistemas de transporte e de uso do solo (GEURS e VAN ECK, 2003; GEURS e VAN WEE, 2004; HULL, SILVA e BERTOLINI, 2012).

A conceituação de acessibilidade, já na década de 1950 surgia como medida do potencial de oportunidades de interação entre o homem e o meio (HANSEN, 1959); transformou-se e assumiu medidas de características do sistema de transportes que conectam pontos distintos em uma superfície (VICKERMAN, 1974); assumiu ainda, mais tarde, papel de medida negativa quando foi conceituada como a “dificuldade” de se alcançar destinos desejados, sendo medido por funções de impedância (NIEMEIER, 1997); em um momento de evolução conceitual, incorporou a ideia de atividades como os propulsores do desejo de deslocamento ao ser conceituada como medida de “facilidade” do indivíduo de procurar um atividade desejada de certo tipo, em um dado local, por um

modo desejado, em um tempo desejado (BHAT, HANDY, *et al.*, 2000); ou ainda como indicador relacional entre uso do solo (forma urbana) e transportes (infraestrutura), refletindo quanto o sistema LUTI (pela combinação entre uso do solo, transportes e características dos atores envolvidos) permitiria indivíduos ou cargas alcançarem destinos (GEURS e VAN ECK, 2001). Por último, Hull et al. (2012) afirmam que a acessibilidade é uma medida que compreende mais do que velocidades de veículos, ou distâncias entre pontos no espaço. Ela é uma medida de oportunidade, ou de facilidade de acesso (interação espacial, nas palavras de Geurs e Van Wee (2004)), para pessoas com diferentes atributos, às atividades que se deseja participar.

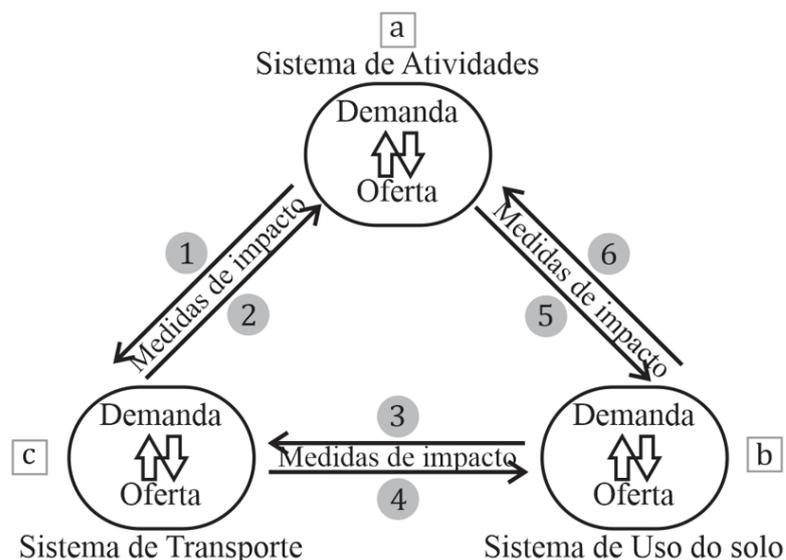
Associam-se estes níveis de interação, indicado pelas medidas de acessibilidade, com certos fenômenos espaciais (ex.: Escolhas de localizações, a dinâmica do mercado imobiliário [CASCETTA, 2009], o desempenho de atividades, ou mesmo as oportunidades de emprego [TORRENS, 2000]etc.), de tal modo que reconhecemos sua capacidade de explicar influências sobre decisões relativas a estes fenômenos. Acessibilidade pode ainda ser interpretada como o custo do deslocamento, em termos de variáveis que reflitam que tipo de limitação é imposta; tais como: dinheiro, tempo, conforto, entre outros, que geralmente são tratados como uma medida de custo generalizado dos transportes, ou nível de serviço. Esta última forma também pode servir de medida do desempenho do sistema de transportes, refletindo como o sistema implantado (sua oferta) responde ao nível de demanda imposto pelos atores. Ex.: Se a demanda por viagens é maior que a capacidade provida, o sistema pode entrar em estado de congestionamento, o que compromete o nível de serviço do sistema de transportes, aumentando tempos de viagem, nível de desconforto, custos e algumas externalidades negativas envolvidas, tais como poluição sonora e ambiental. Assumimos, portanto, a medida de acessibilidade como sendo composta pelas quantificações e/ou qualificações das restrições impostas à liberdade de escolha (decisões) dos indivíduos, seja ela referente aos deslocamentos, às escolhas de localizações ou às decisões de se engajar em atividades socioeconômicas.

Em adição aos indicadores que servem de conectores entre os subsistemas, nós reconhecemos a necessidade de adotar também outro tipo de indicador dentro dos subsistemas. Planejadores de transportes regularmente entendem os transportes como resultado das relações entre oferta e demanda (CASCETTA, 2009; GEURS e VAN WEE,

2004; MEYER e MILLER, 2001; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011). Neste caso, uma estrutura provida (oferta) (ou o sistema de transportes em geral, que inclui não apenas a infraestrutura, mas também elementos como limites de velocidade em estradas, tabelas de horários, ou ainda tarifas do transporte público) interage com os desejos e necessidades das pessoas e cargas se deslocarem (demanda). A literatura reconhece que os sistemas de uso do solo e de atividades podem também trabalhar de forma análoga, em termos de oferta e demanda (HUNT ET AL., 2005; CASCETTA, 2009; HUANG et al. 2014; PARKER *et al.*, 2012, VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013), tendo como exemplo a relação entre empregos e mão-de-obra dentro de certas regiões (do sistema de atividade), ou o número de empresas dispostas a instalar-se em certas regiões e a quantidade de espaço urbano ordenado e ocupável (livre) por aquele tipo de uso (do sistema de uso do solo). Além disto, pesquisadores e planejadores frequentemente interpretam o nível de serviço dos transportes (resultante das relações entre oferta e demanda [CASCETTA, 2009]) como medidas de desempenho do subsistema. É razoável, portanto, assumir que as relações entre oferta e demanda para os outros dois subsistemas também permitam a aferição de seus desempenhos.

Para o subsistema de uso do solo teríamos a relação entre o desejo de localizar-se e a disponibilidade de espaços localizados, que finalmente toma a forma de concentração e/ou dispersão espacial das funções urbanas; e para o subsistema de atividades teríamos a relação entre o desejo ou necessidade de participar em atividades (trabalhar, estudar, comprar, etc.) e as quantidade de atividades disponíveis (na forma do que se produz e do que se consome em cada relação) que finalmente toma a forma de medidas de “distribuição de oportunidades”, temporal (horários de funcionamento, épocas do ano, dias da semana, etc.), social (gênero, idade, grau de instrução, etc.) e econômica (principalmente renda) pelo menos, ou dos níveis de restrições para que estas interações socioeconômicas ocorram (MERLIN e MILLER, 2014). Na Figura 7 representamos as características que acreditamos serem necessárias à modelagem de sistemas integrados que compreendem os três subsistemas, atividades, uso do solo e transportes (doravante chamado de ALUTI), definido como modelo “*a priori*” do objeto alvo do planejamento urbano integrado. Ilustramos neste modelo os três subsistemas (indicados pelas letras a, b e c), os mecanismos de funcionamento interno dos subsistemas (como relações de demanda  $\Leftrightarrow$  oferta), e as interfaces entre os subsistemas (1 a 6).

Figura 7. Modelagem conceitual “a priori” do sistema ALUTI.



Fonte: Elaborada pelo autor

Este modelo “a priori” representa os dois conjuntos de indicadores já citados, sendo um dentro dos subsistemas (como medidas de desempenho), e outro nas interfaces entre os subsistemas (como medidas de impacto). Os conjuntos de setas indicando as inter-relações entre os subsistemas formadores do sistema ALUTI representam como cada subsistema influencia os demais. Elas são os impactos dos subsistemas de atividades (setas 1 e 5), de transportes (setas 2 e 4) e de uso do solo (setas 3 e 6). Já o funcionamento interno dos subsistemas é retratado como relação de oferta e demanda de onde medidas de desempenho podem ser extraídas, indicando quão bem um sistema funciona.

## 2.6. A Relevância da Modelagem para o Planejamento Integrado

Modelos, como o sugerido na seção anterior, são interpretações simplificadas ou representações aproximadas de eventos ou fenômenos reais. Eles são ferramentas que se valem de algum nível de abstração (maior ou menor) para cumprir sua finalidade, e devem sempre se valer de estrutura lógica confiável, muitas vezes matemática (BANKS, 2009). Modelos são muito utilizados para facilitar o processo de planejamento, e vários são os motivos que levam alguém a escolher valer-se de modelos e não diretamente da realidade para intervir nos fenômenos de interesse. Muitas vezes o fenômeno real que se pretende estudar não é acessível, ou é perigoso de ser acessado, outras vezes, mesmo o

fenômeno sendo acessível, pode ser que seu acesso seja inaceitável (por questões morais, éticas, culturais, religiosas, econômicas, etc.), ou ainda, pode ser que o fenômeno simplesmente não exista tal como se imagina (que seria o caso de simulações e realidade virtual). A importância do uso de modelos para o estudo de sistemas complexos, em especial do fenômeno urbano, se dá principalmente pelo fato de este tipo de sistema ser inacessível do ponto de vista cognitivo. As relações causais envolvidas neste tipo de sistema são tão complicadas (e aparentemente caóticas) que a sua apreensão se torna muito difícil ou mesmo impossível sem a ajuda da sistematização e simplificação oferecida pelos modelos.

Justificada a necessidade de se utilizar modelos, acreditamos ser importante reconhecer que existem vários tipos de modelos, com motivações distintas. Reconhecemos, pelo menos, duas maneiras diferentes de se classificar os tipos de modelos. A primeira é quanto a sua estrutura interna (modelos físicos, matemáticos, gráficos, analíticos, conceituais, etc.), a segunda é quanto à motivação por trás da prática da modelagem, que pode variar dentro de um espectro que apresenta dois extremos (REYNOLDS JR, 2009), expressos pelos intuitos de:

a) **Solucionar problemas** – Neste extremo do espectro, o modelo é creditado como uma representação apropriada do fenômeno (“*a proper representation*”, no original), o que define o modelo como uma ferramenta em que se deve confiar. O autor defende que esta é a principal motivação do modelador/planejador (gestor, técnico, etc.).

b) **Adquirir conhecimento sobre fenômenos** – Neste outro extremo, o modelo é reconhecido como falho, rendendo uma representação imprecisa do fenômeno de interesse. É nestas falhas onde o ganho de conhecimento acontece. O autor defende a ideia de que esta é a principal motivação do modelador (cientista, planejador, etc.).

Esta última interpretação, como dito antes, representa um espectro variável entre extremos. Reconhece-se, portanto, um grau de sobreposição das duas categorias, onde a utilização de modelos para solucionar problemas é capaz de produzir ganhos de conhecimento, e que a sua utilização com o intuito primeiro de adquirir conhecimento, potencialmente contribui para a solução de problemas.

A utilização de modelos para o processo de tomada de decisão é frequentemente associada à sua utilização com o intuito de previsão. Usar modelos para previsão é uma tentativa de responder a pergunta “*o que aconteceria se...*”. Esta utilização

pode ser bastante controversa. Para que as respostas dadas pelo modelo sejam entendidas como válidas faz-se necessário um alto grau de confiança na validade de modelos e das suas suposições e premissas (REYNOLDS JR, 2009). Outros argumentos jogam mais dúvidas na utilização de modelos para predição, principalmente quando aplicados a fenômenos humanos complexos, sendo a cidade um deles. Sistemas complexos apresentam mudanças com o tempo, como resultado de comportamentos responsivos às interações mútuas de seus inúmeros subsistemas. O comportamento complexo do sistema urbano (mesmo que limitado às interações entre transportes, uso do solo e atividades) nos faz crer em aspectos emergentes de seu comportamento, o que o torna potencialmente imprevisível (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009, MU, 2013).

Nosso esforço de pesquisa reconhece a importância da utilização de modelos para previsão, entretanto a contribuição pretendida encontra-se no campo do entendimento do fenômeno urbano como ele é. Pretendemos estudar este sistema complexo (a cidade) através da modelagem, para que possamos melhor compreender aspectos cruciais pertinentes ao fenômeno estudado (problemas), indispensáveis ao processo de planejamento, anteriores à etapa de construção de possibilidades futuras (alternativas de solução). Melhorar a capacidade de representar a situação presente e os problemas que o afligem nos permitiria ter maior firmeza para construir uma representação de um futuro possível. Isto significa que assumimos o papel da modelagem dentro desta pesquisa de duas maneiras. A primeira é fenomenológica, em que acreditamos na importância, mas também nas falhas existentes (e portanto, nas lacunas de conhecimento a serem preenchidas) do papel dos modelos como interpretações da realidade. A segunda é metodológica, em que reconhecemos a fragilidade com a qual tal conhecimento adquirido pelos modelos é implementada no processo de planejamento urbano, o que nos faz questionar de que maneira a modelagem (a ser proposta) pode ser útil dentro das etapas metodológicas de planejamento adotadas.

Na próxima seção, apresentamos uma revisão de modelos desenvolvidos especialmente para o trato dos sistemas LUTI. Estes modelos serão avaliados a partir dos argumentos construídos e expressos no modelo “*a priori*” (Figura 7). Desenvolvemos a avaliação dos modelos com o foco fenomenológico em mente, ou seja, com a intenção de melhor descrever o fenômeno de interesse, e buscando descobrir tanto os pontos fortes quanto as lacunas conceituais de tais esforços.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE MODELOS LUTI

Os modelos LUTI representam explicitamente as interações entre transportes e uso do solo. Apesar de estes modelos parecerem ser muito uteis para o processo de planejamento, especialmente se o planejamento dos transportes resultar em efeitos no uso do solo e vice-versa, eles não são tão populares entre os planejadores da maioria das cidades (MILLER, 2003). Além disto, pesquisadores, em suas tentativas de esclarecer quão importante os efeitos mútuos do uso do solo e dos transportes são, concluem que frequentemente existem substanciais efeitos dos transportes sobre as configurações espaciais dos usos (DE VOS e WITLOX, 2013; LUCAS, VAN WEE e MAAT, 2015), mas existe apenas uma modesta percepção de impactos do uso do solo no comportamento de viagens (como parte do sistema de transportes) (MEURS e VAN WEE, 2003; TIMMERMANS, 2003).

Muitos autores já se prestaram a revisar os modelos LUTI a partir de diversos pontos de vista. Timmermans (2003) revisou um grande número de modelos LUTI, focando na evolução da estrutura teórica destes, bem como nos desafios para o futuro da modelagem. Geurs e van Wee (2004) revisaram modelos LUTI operacionais, com foco na avaliação dos impactos dos sistemas ao meio ambiente. Hunt, Kriger e Miller (2005) revisaram seis modelos operacionais que servem de estrutura básica, para verificar qual era o estado da prática, e o que tais estruturas básicas ofereciam para a prática da modelagem. Iacono, Levinson e El-Geneidy (2008), com foco na evolução cronológica das estruturas teóricas dos modelos LUTI, descrevem o funcionamento de dezoito modelos separados em três categorias de evolução. Huang et al. (2014) revisaram modelos LUTI em relação à heterogeneidade dos agentes e da representação de mercado imobiliário. Entretanto, nenhuma destas revisões tem seu foco na maneira como ocorrem as interações entre componentes do sistema. Partindo da proposta do modelo “a priori”, reconhecemos ainda a importância de um melhor conhecimento de como são conceitualmente modelados não somente os subsistemas de uso do solo, transportes, mas também o de atividades, e como se dão suas interações mútuas (daquilo que chamamos de modelos ALUTI). Este capítulo tem como objetivo específico prover tal revisão, que se faz relevante por quatro razões que apresentamos abaixo:

a) **Melhor entendimento dos mecanismos da modelagem:** Frequentemente, os modelos representam o uso do solo como um subsistema simples (único), entretanto, podemos desenredar o uso do solo e distinguir, pelo menos, dois aspectos desta modelagem. Primeiro, as diferentes atividades que compõem a cobertura do solo urbano, e segundo, as escolhas de localização feitas pelos atores (indivíduos, empresas, governo, etc.), dadas as características e padrões de ocupação do solo. Isto significa que precisamos entender adequadamente os mecanismos de funcionamento dos sistemas ALUTI em níveis mais desagregados, que nos permita esclarecer os porquês das interações entre os subsistemas, e ainda quão úteis tais modelos seriam em aplicações específicas.

b) **Melhor comunicação entre atores envolvidos:** Acreditamos ser possível a utilização de modelos ALUTI para tornar mais explícitas as diferenças dos impactos mútuos das atividades de planejamento e da interpretação da realidade defendidas por grupos disciplinares diferentes (ex.: diferenças entre planejadores de uso do solo e dos transportes). Esta melhora de comunicação poderia nos ajudar no processo de convencimento (de técnicos, planejadores e também quaisquer tomadores de decisão) da importância de fatores transdisciplinares, que podem ser negligenciados por esforços disciplinares individuais.

c) **Esclarecimento da aplicabilidade dos modelos:** Entender a estrutura causal nos modelos ALUTI poderia ajudar os planejadores e pesquisadores a entender a aplicabilidade destes modelos em casos específicos do mundo real, ou em casos de pesquisa. Se as relações entre os componentes dos sistemas ALUTI, que são importantes para casos reais, simplesmente não são, ou não são adequadamente incluídas na modelagem ALUTI potencialmente geram resultados menos confiáveis, e conseqüentemente menos úteis a estes casos.

d) **Identificar as lacunas do conhecimento:** Um dos principais pontos de importância da revisão dos modelos é a avaliação do atual estado da arte do conhecimento. Esta revisão nos permite avaliar os modelos vigentes e potencialmente identificar as lacunas e futuros desafios relacionados à evolução da modelagem do fenômeno do nosso interesse, o planejamento integrado de uso do solo e transportes.

Para o nosso esforço de revisão fizemos extenso uso do modelo conceitual ALUTI apresentado em seções anteriores, chamado de “*a priori*”, que é derivado de teorias presentes na literatura (VAN WEE e MAAT, 2003; VAN WEE, 2002). Estas teorias baseiam a interpretação de como os transportes, o uso do solo e as atividades interagem em níveis agregados. Pretendemos aqui checar sistematicamente até que ponto todos os componentes incluídos no modelo “*a priori*” são adotados pelos modelos selecionados. Mais especificamente, almejamos responder às seguintes questões: Que componentes do

modelo “*a priori*” são incluídos nos modelos revisados? Que interações previstas no modelo “*a priori*” são incluídas nos modelos revisados? Como as relações causais do modelo “*a priori*” são expressas nos modelos revisados? Quais são as lacunas e fragilidades destes modelos, e os efeitos na sua aplicabilidade?

Na próxima seção, pretendemos responder a estas questões, organizado em duas partes, uma seção (3.2) de revisão e resultados, delineada pelas questões de pesquisa apresentadas acima, e uma seção (3.3) de conclusões e discussão, que resume os mais importantes achados e discute ideias para pesquisas futuras.

### **3.1. Seleção dos Modelos Para Revisão**

Para esta revisão, selecionamos seis modelos conceituais (orientados para pesquisa) independentemente desenvolvidos e que apresentavam argumentação prontamente acessível na literatura (CASCETTA, 2009; GEURS e VAN WEE, 2003; MEYER e MILLER, 2001; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2010; WEGENER e FÜRST, 1999). Nós chamamos de modelos conceituais aqueles que são teoricamente elaborados, principalmente voltados para o desenvolvimento de pesquisa, sem necessariamente terem sido criados para aplicações práticas do planejamento. Além disto, adicionamos à lista (que pode ser vista na Tabela 1) dez modelos LUTI entendidos como operacionais, orientados para o projeto, ou a prática do planejamento. Estes modelos foram escolhidos pela qualidade e frequência da sua documentação na literatura, abrangendo artigos, relatórios, dissertações (IACONO, LEVINSON e EL-GENEIDY, 2008; PFAFFENBICHLER, 2003; TIMMERMANS, 2003; WEGENER, 2004, 2014). Os modelos revisados, chamados operacionais são aqueles modelos desenvolvidos por grupos de pesquisadores e/ou modeladores com base conceitual, mas propósitos práticos, que sejam racionalizados e sistematizados, e que sejam calibrados e validados empiricamente. Cada subseção da revisão (dentro da seção 3.2) se inicia com a avaliação dos modelos conceituais, seguidos da avaliação dos modelos operacionais. Seus resultados são apresentados em tabelas no final de cada seção. A principal fonte de dados para esta revisão foram as informações textuais, tanto de seus artigos originais publicados, quanto de relatórios e de trabalhos de revisão de modelos nos quais os modelos tratados aqui são referenciados.

Tabela 1. Lista dos modelos selecionados.

<b>MODELOS CONCEITUAIS (orientados para pesquisa)</b>	
- Wegener (WEGENER e FÜRST, 1999)	- Torrens (TORRENS, 2000)
- Ortuzar (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011)	- Miller (MILLER, 2003)
- Geurs (GEURS e VAN WEE, 2004a)	- Cascetta (CASSETTA, 2009)
<b>MODELOS OPERACIONAIS (orientados para a prática/design)</b>	
- Lowry (LOWRY, 1964)	- Itlup (PUTMAN, 1983)
- Lilt (MACKETT, 1983)	- Irpud (WEGENER, 2011)
- Tranus (DE LA BARRA, 1989)	- Mussa (MARTINEZ, 1997)
- Metrosim (ANAS e ARNOTT, 1994)	- Delta (SIMMONDS, 1999)
- Urbansim (WADDELL, 2002)	- Ilumass (MOECKEL <i>et al.</i> , 2003)

Fonte: Elaborada pelo autor

A lista de modelos LUTI existentes é extensa e o processo de seleção dos modelos a participarem do esforço de revisão teve de ser bastante objetivada. Alguns outros modelos foram cogitados a participarem da lista, tais como os modelos MEPLAN (ECHENIQUE *et al.*, 1990), MARS (PFAFFENBICHLER, 2003), ou ILUTE (SALVANI e MILLER, 2003), mas foram retirados por dois principais motivos, sendo o primeiro motivo a relativa baixa visibilidade acadêmica, aferida pela disponibilidade de material para pesquisa que envolvesse sua discussão teórica, sua aplicabilidade ou sua avaliação comparativa a outras ferramentas. O segundo motivo é a constatação de que alguns modelos apresentavam alto grau de superposição conceitual a outros, como foi o caso dos modelos operacionais MEPLAN e TRANUS, ou os modelos conceituais desenvolvidos por Meyer e Miller (2001) e Miller (2003).

### 3.2. Revisão dos Modelos LUTI

Esta seção da tese apresenta o cerne da revisão dos modelos LUTI, organizada em três subseções, cada uma apresentando uma análise diferente. Estas análises são organizadas com base no modo como o modelo “*a priori*” foi elaborado. Primeiro, discutimos a incorporação ou não dos subsistemas (de transporte, uso do solo e atividades) na modelagem integrada (subseção 3.2.1), segundo, analisamos o funcionamento interno dos subsistemas em termos de oferta e demanda (subseção 3.2.2.), e terceiro, revisamos o modo como os modelos lidam com a interação entre os subsistemas componentes (subseção 3.2.3.). Cada subseção é ainda dividida em tópicos, contendo análises do ponto de vista de cada subsistema, e mais uma discussão e conclusões finais.

### 3.2.1. Os Subsistemas Envolvidos

Iniciamos a argumentação com o questionamento de dois aspectos a respeito da literatura sobre a modelagem LUTI. Estes aspectos entram em conflito com a proposta de modelo “*a priori*”, apresentado anteriormente. Primeiro, a adoção do acrônimo “LUTI”, que indica a interação de apenas dois sistemas, a citar: o uso do solo (do original “*land-use*”), e transportes. Reconhecemos o conflito uma vez que o argumento do modelo “*a priori*”, pela adição do subsistema de atividades, indica a interação mútua de três subsistemas formadores do que aqui foi nomeado de sistema ALUTI. O segundo aspecto se refere a como alguns autores (CASSETTA, 2009; DE LA BARRA, 1989; MEYER e MILLER, 2001) assumem os termos “uso do solo” e as “atividades”, referindo-se ao mesmo fenômeno, sendo utilizados como sinônimos, e representando apenas um subsistema. Os dois aspectos levantam dúvidas quanto à independência dos dois subsistemas. Deste modo, nesta seção, avaliamos se os modelos reconhecem separadamente (independentemente um do outro) a modelagem dos três subsistemas, com maior ênfase para a separação conceitual dos subsistemas de uso do solo e de atividades. Para auxiliar na interpretação da avaliação desenvolvida na presente seção da tese apresentamos, de antemão, uma proposta de classificação (Tabela 2) que ilustra como acontece a modelagem de cada um dos subsistemas (colunas da tabela 2) segundo o nível de complexidade (linhas da tabela 2) empregado. Esta classificação é um resumo que foi encontrado na avaliação dos modelos revisados. Todas as representações gráficas, de cada uma dos modelos revisados, podem ser encontradas nos anexos deste trabalho.

Tabela 2. Classificação da modelagem dos subsistemas por complexidade.

<b>Transportes</b>	<b>Uso do solo</b>	<b>Atividades</b>
Modelagem exógena	Usos residência/trabalho + Desenvolvimento do solo exógeno	Residir e Trabalhar + Separadamente.
Limitado à modelagem da demanda	Várias funções + Desenvolvimento do solo exógeno	Residir e Trabalhar + Conjuntamente
Demanda (pessoas) restringida pela capacidade	Habitação/trabalho + Desenvolvimento do solo endógeno	Múltiplas atividades + Separadamente.
Demanda (pessoas e carga) restringida pela capacidade	Várias funções + Desenvolvimento do solo endógeno	Múltiplas atividades + Conjuntamente.

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.2.1.1. Subsistema de transportes

Verificamos que a maneira como os modelos revisados procedem sua modelagem varia em torno de três aspectos principais. Primeiro, a demanda por viagens pode ser modelada de maneira endógena ou exógena (alimentada por modelos ou dados externos). Segundo, modelos assumem as decisões de viagem como sendo resultantes simplesmente dos níveis de demanda, ou da demanda quando influenciada pela capacidade do sistema. Terceiro, modelos podem limitar as decisões de transporte às viagens de pessoas, ou podem também incorporar à modelagem destas os transportes de cargas (frete de bens e serviços).

Dois modelos conceituais, orientados para pesquisa (identificados, a partir de agora, pelo nome de seus primeiros autores, TORRENS e ORTUZAR), assumem que decisões de viagem são simplesmente resultado da expressão da demanda por transportes. Estes modelos ignoram outros fatores, tais como as limitações de infraestrutura, ou a percepção do nível de serviço (“LOS”, do original “*Level of Service*”). Os modelos WEGENER e CASCETTA entendem as decisões de transporte como resultantes de demandas individuais restringidas pela capacidade do sistema de transportes. Os modelos MILLER e GEURS também representam as decisões como resultantes de demandas influenciada pelo LOS percebido, mas enfatizam a importância de incorporar às viagens de passageiros o transporte das cargas, adicionalmente.

Em relação a como os modelos operacionais tratam destes aspectos, é importante ressaltar que os modelos LOWRY, DELTA e URBANSIM são menos aptos a modelar as decisões de transporte, uma vez que os três dependem de dados fornecidos por modelos externos. A exemplo disto, o URBANSIM alimenta modelos externos com dados de uso do solo e recebe destes os dados de entrada relativos às decisões de transportes. Os modelos operacionais restantes assumem tais decisões como resultantes da demanda por deslocamentos enquanto restringidas pela capacidade do sistema, sendo que alguns (ITLUP, LILT, IRPUD, MUSSA e METROSIM) focam somente em transporte de pessoas, enquanto outros (TRANUS e ILUMASS) incorporam explicitamente o transporte de cargas.

### 3.2.1.2. Subsistema de uso do solo

Os modelos revisados veem o subsistema de uso do solo como sendo composto principalmente por duas partes. A primeira parte é o que se chama de “desenvolvimento do solo” (*“in which the built form changes over time as land is developed and as existing buildings are modified or redeveloped over time. This is the process by which land use, per se, evolves”*), ou seja, no qual a forma construída muda com o tempo a medida em que o solo é desenvolvido e os prédios existentes são modificados ou substituídos (em um novo processo de desenvolvimento) com o tempo [Miller, 2003, página 5-3]), que pode tanto ser modelada endogenamente, o que significa a modelagem interna de decisões sobre a localização de novos desenvolvimentos, ou exogenamente, em que o desenvolvimento do solo não é tratado pela modelagem. A segunda parte é a quanto às “escolhas locais” decorrentes do desenvolvimento do solo. Modelos diferem quanto às restrições sobre tais escolhas, que podem ser restritas a duas funções urbanas (locais de moradia e de trabalho), ou incorporar várias funções. Estas diferenças de interpretação rendem quatro possíveis classificações, listadas na tabela 2 (segunda coluna).

Quanto aos modelos conceituais, GEURS e CASSETTA dependem de dados externos para incorporar na modelagem as mudanças de uso do solo, enquanto as escolhas locais cobrem um vasto grupo de funções urbanas (ex. áreas naturais, residências, escritórios, escolas e comércio). MILLER, TORRENS e ORTUZAR modelam o processo de desenvolvimento do solo endogenamente, ao mesmo tempo em que limitam as escolhas de localizações a residências e locais de trabalho. Por último, WEGENER também modela o desenvolvimento do solo endogenamente, mas reconhece decisões de localização para várias funções urbanas.

Da categoria de modelos operacionais, existe um primeiro grupo de modelos que é mais simples que os demais. LOWRY, ITLUP e LILT usam dados de desenvolvimento do solo provenientes de modelos externos, enquanto apenas reconhecem as funções de moradia e trabalho no processo de decisões locais. Todos os modelos remanescentes tratam as mudanças de uso do solo endogenamente, como resultantes de mecanismos de mercado imobiliário e de políticas de ocupação territorial, mas alguns (IRPUD, MUSSA, METROSIM, DELTA e URBANSIM) limitam as decisões locais a residências e locais de trabalho, enquanto outros (TRANUS e ILLUMASS) reconhecem várias funções urbanas.

### *3.2.1.3. Subsistema de Atividades*

As modelagens das decisões sobre atividades diferem entre si ao longo de três linhas principais. A primeira é quanto à incorporação ou não de decisões sobre atividades. A segunda é sobre as limitações impostas quanto ao número de atividades a serem levadas em consideração na modelagem (tipicamente limitadas a “residir” e “trabalhar”), ou a inclusão de várias atividades desejadas ou necessárias. A terceira diferenciação é quanto ao modo como atores tomam decisões relativas às atividades. Identificamos pelo menos dois modos nos quais elas podem ser, decisões separadas (uma decisão não interfere nas outras), ou conjuntas, com considerável nível de interdependência entre elas.

Da categoria de modelos conceituais, WEGENER e TORRENS deixam completamente de lado a representação das atividades, apesar de WEGENER usar o termo “atividades”, não como um subsistema individualmente modelado, mas como conector entre os subsistemas de uso do solo e transporte. ORTUZAR reconhece o subsistema de atividades como sendo limitado às atividades de “residir” e “trabalhar”, separadamente modeladas. MILLER, enquanto se restringe às mesmas duas atividades citadas, indica a importância de incorporar os padrões pessoais de atividades (ex.: escolhas conjuntas de atividades) na modelagem ALUTI. Por sua vez, CASCETTA e GEURS incluem uma variada gama de categorias de atividades, modeladas separadamente, e que são relacionadas a características socioespaciais.

Já os modelos operacionais, interpretam e representam o subsistema de atividades de três maneiras, com exceção do modelo MUSSA, que não incorpora as atividades de maneira alguma. LOWRY, ITLUP, LILT, IRPUD, METROSIM e DELTA reconhecem apenas as atividades de “residir” e “trabalhar”, modeladas separadamente. TRANUS modela uma variedade de categorias de atividades separadamente. URBANSIM e ILUMASS também incorporam várias categorias de atividades (tais como trabalhar, comprar, residir, etc.), entretanto as identifica conjuntamente, como sequências de atividades encadeadas (derivadas de “agendas” pessoais, programações ou planos pessoais semanais, etc.).

#### 3.2.1.4. Conclusão

A Tabela 3 resume como os modelos selecionados tratam cada um dos subsistemas, dos quais pelo menos duas conclusões podem ser tiradas. A primeira é que os modelos revisados parecem mais eficazes em modelar as decisões de uso do solo (locações), seguidas das decisões de transportes (viagens). As decisões de atividades (relações socioeconômicas) parecem ser menos enfatizadas, já que muitos dos modelos as interpretam simplesmente como dados de entrada para melhor explicar decisões tomadas dentro de outros subsistemas. A exemplo disto, podemos dizer que modelos assumem a existência de atividades (e as suas relações mútuas) como caminho para explicar os padrões de viagem casa-trabalho (“*commute patterns*” do inglês) e as decisões de localizações das funções urbanas “residência” e “local de trabalho”. Isto se torna mais evidente se nós compararmos como a representação gráfica feita por estes modelos raramente ilustram o subsistema de atividades. Além disto, a tabela 3 indica algum nível de dependência entre a maneira como o subsistema de uso do solo e de atividades são modelados. Modelos que reconhecem o “desenvolvimento do solo” como exógeno ao processo de modelagem do uso do solo são mais propensos a limitar a modelagem do subsistema de atividades apenas a duas atividades, sendo elas “residir” e “trabalhar”; enquanto aqueles que modelam o desenvolvimento do solo endogenamente tendem a reconhecer o sistema de atividades como sendo composto por várias atividades.

Tabela 3. Levantamento de como os subsistemas componentes do sistema ALUTI são modelados, e que decisões estão envolvidas nesta modelagem.

TRANSPORTE		USO DO SOLO	ATIVIDADES
<b>Wegener</b>	Demanda afetada pela "LOS" (pessoas)	Vários usos + Desenvolvimento endógeno	<i>na</i>
<b>Torrems</b>	Limitado à modelagem da demanda	Casa/trabalho + Desenvolvimento exógeno	Não modelado
<b>Ortuzar</b>	Limitado à modelagem da demanda	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>Miller</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas e carga)	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Residir/trabalhar + Modelados em sequência
<b>Geurs</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas e carga)	Vários usos + Desenvolvimento exógeno	Múltiplas atividades + Modelados separadamente
<b>Cascetta</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Vários usos + Desenvolvimento exógeno	Múltiplas atividades + Modelados separadamente
<b>LOWRY</b>	Modelagem exógena	Casa/trabalho + Desenvolvimento exógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>ITLUP</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Casa/trabalho + Desenvolvimento exógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>LILT</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Casa/trabalho + Desenvolvimento exógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>IRPUD</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>TRANUS</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas e carga)	Vários usos + Desenvolvimento endógeno	Múltiplas atividades + Modelados separadamente
<b>MUSSA</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	<i>na</i>
<b>METROSIM</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas)	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>DELTA</b>	Modelagem exógena	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Residir/trabalhar + Modelados separadamente
<b>URBANSIM</b>	Modelagem exógena	Casa/trabalho + Desenvolvimento endógeno	Múltiplas atividades + Modelados em sequência
<b>ILUMASS</b>	Demanda afetada pelo "LOS" (pessoas e carga)	Vários usos + Desenvolvimento endógeno	Múltiplas atividades + Modelados em sequência

*na = Não se Aplica, ou não modelado*

Obs. "LOS" (*Level of Service*) significa o nível de serviço do subsistema.

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.2.2. O Funcionamento Interno dos Subsistemas

Como explicado anteriormente, a literatura nos dá razões para acreditar que ambos os sistemas de atividades e de uso do solo são modelados a partir de suas relações de oferta e demanda (DE LA BARRA, 1989; MILLER, 2003; PARKER *et al*, 2014), de maneira similar à modelagem tradicional dos transportes. Identificamos pelo menos três vantagens ao modelarmos os subsistemas de atividades e uso do solo segundo suas relações internas de oferta e demanda. Primeiro, isto permitiria criarmos modelos de mais fácil entendimento, uma vez que estes poderiam descrever os subsistemas a partir dos mesmos termos e lógica utilizada para descrever o subsistema de transportes; segundo, porque os equilíbrios e desequilíbrios existentes dentro de cada subsistema podem ser expressos claramente pelas relações de oferta e demanda; e terceiro, poderíamos medir o desempenho do subsistema em relação aos resultados destas relações de desequilíbrio. Categorizamos separadamente os atributos, tanto de demanda quanto oferta para cada subsistema, apresentados na tabela 4. Estas categorias servem para o desenvolvimento das discussões das seções subsequentes.

Tabela 4. Categorias descritivas da oferta e demanda dos sub-sistemas analisados

Subsistema		Característica da modelagem
Transporte	Demanda	Exógeno
		(Endógeno) Transporte de pessoas
		(Endógeno) Transporte de pessoas e cargas
		(Endógeno) Transporte de pessoas e cargas + Sequência de viagens
	Oferta	Não modelado
		Rede de transportes única
Redes múltiplas de transporte + vários serviços de transporte		
Uso do Solo	Demanda	Localizações
		" <i>Floorspace</i> "
	Oferta	Disponibilidade de espaço
		Disponibilidade de " <i>floorspace</i> "
Atividade	Demanda	Residências e empregos
		Múltiplas atividades definidas por padrões econômicos
		Múltiplas atividades definidas por desejos/necessidades pessoais
	Oferta	Número de postos de trabalho
		Relações de trocas entre múltiplas atividades

Fonte: Elaborada pelo autor

### 3.2.2.1. Subsistema de transportes

Pudemos identificar nos modelos revisados duas características principais que constituem a modelagem da demanda por transportes. Primeiro, a natureza do que é transportado (podendo ser o transporte de pessoas e/ou cargas), e segundo, se a demanda é modelada para viagens simples (viagens individualizadas, separadas, com um único propósito), ou para sequências de viagens (viagens interdependentes, de múltiplos propósitos). Dentro desta lógica, os modelos conceituais podem ser categorizados em três grupos. WEGENER TORRENS e ORTUZAR limitam a demanda ao transporte de pessoas e apenas representam viagens simples. GEURS e CASCETTA levam em consideração tanto o transporte de pessoas quanto de cargas para a modelagem da demanda, ainda na forma de viagens simples. Por último, o modelo MILLER avança na conceituação da demanda por transporte de pessoas e cargas na forma de viagens sequenciadas. Dentre os modelos operacionais, três dependem da modelagem exógena da demanda por transportes (LOWRY, DELTA e URBANSIM), enquanto os demais a modelam endogenamente. ITLUP, LILT. IRPUD, MUSSA e METROSIM representam a demanda do transporte de pessoas em termos de viagens simples, de propósito único. TRANUS faz a mesma coisa, mas inclui o transporte de cargas, já ILUMASS modela a demanda de transporte de cargas e pessoas na forma de viagens sequenciadas.

Em relação à modelagem da oferta de transportes, os tipos de modelagens variam ao longo de duas linhas. Primeiro, quanto à inclusão ou não da modelagem de redes de transporte, relativo à sua capacidade física; segundo, quanto à modelagem da capacidade operacional (relativo a serviços, tabelas de horários, etc.). A partir destas linhas, os modelos conceituais podem ser categorizados em três grupos. Os modelos TORRENS e ORTUZAR falham ao não identificar os aspectos destacados, uma vez que são dependentes de dados exógenos (alimentados por modelos externos). WEGENER e GEURS limitam-se a modelar a oferta dos transportes segundo suas características físicas, e não distinguem redes diferenciadas. MILLER e CASCETTA modelam a oferta quanto às suas capacidades físicas e operacionais, e ainda distinguem redes diferenciadas por modo. Alguns modelos operacionais (LOWRY, DELTA, URBANSIM e ILUMASS) dependem de modelagem exógena do subsistema de transportes, enquanto outros modelos tratam a

oferta dos transportes de maneira similar à maneira como os modelos conceituais o fazem. ITLUP, LILT, IRPUD e MUSSA apenas representam redes simples de transporte, limitadas à infraestrutura física. TRANUS e METROSIM permitem a modelagem de várias redes físicas (tantas quanto se fizerem necessárias pelos serviços oferecidos), bem como a modelagem das capacidades operacionais. A exemplo disto, TRANUS permite a modelagem simultânea (como uma rede multimodal integrada) de serviços diversos (tais como BRT, Metrô, Bonde, etc.) e as variações nas suas operações.

### 3.2.2.2. *Subsistema de uso do solo*

Percebemos que a demanda pelo uso do solo é modelada de duas maneiras. Modelos podem dirigir seu reconhecimento da demanda como causa das escolhas de localizações no espaço urbano (posicionamento relativo entre pontos no território), ou reconhecer seus efeitos nas escolhas locais restritas ao mercado imobiliário existente, que gera padrões de ocupação dos espaços ocupáveis (frequentemente tratado como “*floorspace*” na literatura de língua inglesa). Demandas baseadas em localizações compreendem decisões relativas à conversão do uso do solo (transformações morfológicas, ou espaciais), que contrastam com a demanda baseada em “*floorspace*”, uma vez que esta demanda é limitada pelas condições de ocupações e de configurações urbanas preexistentes. Exceto pelo modelo ORTUZAR, que reconhece a demanda por uso do solo como sendo baseada nas escolhas locais de “*floorspace*”, todos os modelos conceituais revisados (WEGENER, TORRENS, MILLER, GEURS e CASCETTA) interpretam a demanda como sendo baseada em localizações. Esta decisão assume a importância do desenvolvimento do solo urbano (entendido como “*land development*” na literatura em língua inglesa) cujas causas estão exatamente nas escolhas locais para transformações na configuração deste espaço construído. Os modelos operacionais TRANUS, MUSSA, URBANSIM e ILUMASS assumem a demanda por localizações, enquanto ITLUP, LILT, IRPUD, DELTA e METROSIM assumem a demanda por “*floorspace*”.

A modelagem da oferta dentro do sistema de uso do solo frequentemente quantifica a disponibilidade de espaço localizado, ou seja, relativo às demais localizações. Modelos diferem quanto à maneira de quantificar esta disponibilidade, que pode ser

medida através da capacidade física do espaço (em metragem quadrada, por exemplo), ou ainda através da oferta de espaço organizado, definido pela capacidade do “*floorspace*”, o que requer a definição de funções específicas do uso do solo, submetidos as leis e normatizações (ex.: metragem quadrada, submetida às limitações legais, zoneamentos, etc.). Por último, pode ainda ser a modelagem da oferta de espaço organizado (capacidade do “*floorspace*”) limitada pelo estoque de edificações (metragem quadrada, limitada pela legislação, mas também agregada em edificações, ou unidades construídas), o que sugere uma maior dependência dos mecanismos de desenvolvimento do solo (“*land development*”) e na efemeridade dos processos envolvidos (vida útil das edificações, períodos de construção, demolição, etc.)

Nesta revisão, os modelos conceituais TORRENS e CASSETTA assumem uma noção genérica de capacidade física, que aparentemente não depende nem da organização do espaço, nem dos estoques construídos. ORTUZAR e WEGENER, por sua vez, reconhecem a oferta de uso do solo como capacidade de “*floorspace*”. Esta abordagem permite uma distinção entre oferta de espaço urbano desenvolvido (previamente ocupado) e não desenvolvido (não ocupado). Esta abordagem também parece ser mais adequada à avaliação de políticas de uso do solo, uma vez que permite maior controle sobre as funções urbanas e, portanto, parece mais sensível a específicos impactos de ações de planejamento. MILLER e GEURS também assumem a oferta em termos de capacidade de “*floorspace*”, mas adicionam a ideia de estoque de edificações, o que requer uma modelagem mais desagregada. Quanto aos modelos operacionais, eles se classificam da seguinte maneira. LOWRY, ITLUP e LILT baseiam a oferta em termos de capacidade física. TRANUS, MUSSA METROSIM e DELTA modelam a oferta do uso do solo como sendo baseada no espaço organizado. Finalmente, IRPUD, URBANSIM e ILUMASS assumem tanto a oferta de espaço organizado quanto os estoques de edificações.

### 3.2.2.3. Subsistema de atividades

Para a modelagem da demanda do sistema de atividades duas características são primordiais. A primeira é quanto à abrangência do número de atividades envolvidas na modelagem. Modelos mais simplificados podem se limitar a lidar com duas atividades (normalmente “residir” e “trabalhar”), já os modelos mais robustos lidam com atividades

de múltiplas naturezas. A segunda característica é quanto à origem, ou causa das demandas por atividades, que pode ser reconhecida como resultante das interações socioeconômicas entre os atores do sistema (que muitas vezes são representadas pela quantificação agregada das relações econômicas e/ou sociais), ou resultante da expressão de desejos e necessidades individuais de cada ator. Os modelos conceituais se apresentam organizados em três grupos, em relação à modelagem da demanda por atividades. ORTUZAR reconhece as atividades de residir e trabalhar como decisões socioeconômicas em termos agregados, já que trabalhadores demandam empregos e famílias demandam habitação. CASCETTA reconhece a demanda por várias atividades de naturezas distintas, e as representa como resultante dos padrões de relações econômicas. MILLER e GEURS também reconhecem a demanda por múltiplas atividades, mas identificam suas causas nos desejos e necessidades dos atores individuais. Já os modelos WEGENER e TORRENS não incorporam na modelagem o sistema de atividades. O grupo de modelos operacionais também se divide em três tipos distintos de abordagem. LOWRY, ITLUP LILT, IRPUD, MUSSA, METROSIM e DELTA limitam-se a demandas pelas atividades “residir” e “trabalhar”. TRANUS modela vários tipos de atividades através de matrizes relacionais de demanda, originadas de modelos econométricos de produção e consumo. Finalmente, os modelos URBANSIM e ILUMASS reconhecem variadas atividades a serem demandadas, mas interpretam estas demandas como originadas dos interesses individuais dos atores envolvidos.

O número de atividades consideradas tem também importante papel na modelagem da oferta de atividades. Uma primeira característica importante, entendida como medida básica de oferta de atividades é a contagem do número de empregos, ou estoque de empregos. Outra característica é a medição do nível de atividade econômica, não limitada a apenas o número de empregos, podendo envolver outras medidas relativas ao funcionamento da atividade (ex.: lucratividade, número de clientes, capacidade de produção, etc.). Metade dos modelos conceituais (WEGENER, TORRENS e GEURS) não incorpora a oferta de atividades à modelagem do sistema integrado. ORTUZAR e MILLER modelam a oferta de atividades em termos de número de empregos, enquanto CASCETTA assume a oferta do subsistema de atividades através de medidas do “nível econômico das atividades” (“*level of economic activities*”, nas palavras do autor). De forma similar, os modelos operacionais também reconhecem esta classificação. LOWRY, MUSSA e ILUMASS

não incorporam a oferta do subsistema de atividades. ITLUP LILT, IRPUD, METROSIM e DELTA dependem da contagem de empregos como principal variável para quantificar a oferta do subsistema de atividades. Já os modelos TRANUS e URBANSIM entendem que a oferta das atividades pode ser derivada dos níveis econômicos dos diversos tipos de atividades envolvidas.

#### *3.2.2.4. Conclusão*

Os resultados (listados na tabela 5) indicam que modelos reconhecem a demanda e oferta dos transportes, bem como a oferta do subsistema de uso do solo mais frequentemente que a oferta e demanda das atividades e a demanda do uso do solo. Duas conclusões podem ser extraídas destes resultados. Primeiro, apesar de muitos modelos revisados reconhecerem nos três subsistemas envolvidos relações de oferta e demanda, isto não parece ser suficiente para que eles sejam capazes de reconhecer medidas de desempenho para os subsistemas de uso do solo e atividades. Isto nos chama atenção pelo fato de medidas de desempenho serem corriqueiramente extraídas para o subsistema de transportes (por exemplo na forma de nível de serviço, ou LOS “*Level of Service*”) a partir destas relações de desequilíbrio entre oferta e demanda. Segundo, a maioria dos modelos minimiza a modelagem do funcionamento interno do subsistema de atividades de forma a considerar apenas duas atividades (residir e trabalhar). Assumindo que no atual estágio de evolução das pesquisas em planejamento integrado do ambiente urbano, vários autores destacam seus próximos desafios como sendo ligados à modelagem baseada em atividades (KITAMURA, 1996; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011; ARENTZE e TIMMERMANS, 2009), em que os desejos e necessidades por atividades dirigem a demanda por transportes e por uso do solo, esta dificuldade da modelagem das atividades pode vir a limitar a integração da modelagem, bem como minar a confiança dos resultados da modelagem referente aos outros dois subsistemas.

Tabela 5. Funcionamento interno dos sub-sistemas (relações de oferta e demanda).

	TRANSPORTE		USO DO SOLO		ATIVIDADES	
	DEMANDA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA
<b>Wegener</b>	Pessoas	Rede única	Localizações	Capacidade de "Floorspace"	<i>na</i>	<i>na</i>
<b>Torreus</b>	Pessoas	<i>na</i>	Localizações	Espaço Disponível	<i>na</i>	<i>na</i>
<b>Ortuzar</b>	Pessoas	<i>na</i>	"Floorspace"	Capacidade de "Floorspace"	Residências/empregos	Nº de Empregos
<b>Miller</b>	Pessoas/Bens + Sequências de viagens	Rede múltipla	Localizações	"Floorspace" + Edificações	Múltiplas Atividades + agendas individuais	Nº de Empregos
<b>Geurs</b>	Pessoas/Bens	Rede única	Localizações	"Floorspace" + Edificações	Múltiplas Atividades + agendas individuais	<i>na</i>
<b>Cascetta</b>	Pessoas/Bens	Rede múltipla	Localizações	Espaço Disponível	Múltiplas Atividades + Transações econômicas	Nível de atividade econômica
<b>LOWRY</b>	<i>na</i>	<i>na</i>	"Floorspace"	Espaço Disponível	Residências/empregos	<i>na</i>
<b>ITLUP</b>	Pessoas	Rede única	"Floorspace"	Espaço Disponível	Residências/empregos	'Nº de Empregos
<b>LILT</b>	Pessoas	Rede única	"Floorspace"	Espaço Disponível	Residências/empregos	'Nº de Empregos
<b>IRPUD</b>	Pessoas	Rede única	"Floorspace"	"Floorspace" + Edificações	Residências/empregos	'Nº de Empregos
<b>TRANUS</b>	Pessoas/Bens	Rede múltipla	Localizações	Capacidade de "Floorspace"	Múltiplas Atividades + Transações econômicas	Nível de atividade econômica
<b>MUSSA</b>	Pessoas	Rede única	Localizações	Capacidade de "Floorspace"	Residências/empregos	<i>na</i>
<b>METROSIM</b>	Pessoas	Rede múltipla	"Floorspace"	Capacidade de "Floorspace"	Residências/empregos	'Nº de Empregos
<b>DELTA</b>	<i>na</i>	<i>na</i>	"Floorspace"	Capacidade de "Floorspace"	Residências/empregos	Nº de Empregos
<b>URBANSIM</b>	<i>na</i>	<i>na</i>	Localizações	"Floorspace" + Edificações	Múltiplas Atividades + agendas individuais	Nível de atividade econômica
<b>ILUMASS</b>	Pessoas/Bens + Sequências de viagens	<i>na</i>	Localizações	"Floorspace" + Edificações	Múltiplas Atividades + agendas individuais	<i>na</i>

*na* = Não se aplica, ou não modelado

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.3. A Interface Entre os Subsistemas

Em sua tentativa de representar um sistema complexo e modelar as interações entre suas partes constituintes, modelos integrados (operacionais ou conceituais) confiam nas influências mensuráveis entre estas partes. Modelos ALUTI são tentativas de descrever, dentre outras coisas, como certas características dos transportes (por exemplo, o comportamento de viajantes) têm suas causas definidas pelo sistema de atividades e, assim como as medidas de acessibilidade (ainda como parte do sistema de transportes), influencia o desenvolvimento do solo urbano e as escolhas de localização (MILLER, 2003; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011; WEGENER, 2004). Estas interfaces, quando modeladas, são simplificações das relações mútuas que constituem as inter-relações dos subsistemas componentes do sistema ALUTI. Tendo isto em mente, nesta seção da revisão dos modelos pretendemos focar estas interfaces, ou como cada subsistema influencia e é influenciado pelos demais subsistemas. Questionamos aqui se tais interações são incorporadas pelos modelos revisados e, no caso de resposta afirmativa, como estas interfaces são expressas (listadas na tabela 6). A revisão é baseada na interpretação sugerida pelo modelo “a priori”, em que tais inter-relações são descritas como medidas de impacto, ilustradas na Figura 7 (página 41) pelas setas numeradas.

Tabela 6. Lista dos aspectos que influenciam decisões de atores para cada subsistema.

	<b>TRANSPORTES</b>	<b>USO DO SOLO</b>	<b>ATIVIDADES</b>
<b>1</b>	Inexistente	Inexistente	Inexistente
<b>2</b>	Acessibilidade	Distribuição especial de usos	Necessidades pessoais (Residir/trabalhar)
<b>3</b>	Distâncias	Disponibilidade de espaços ocupáveis	Necessidades pessoais (Múltiplas atividades)
<b>4</b>	Custos de viagem	Disponibilidade de espaço físico	Relações econômicas (Múltiplas atividades)

Fonte: Elaborada pelo autor.

De antemão, apresentamos os aspectos encontrados nos modelos utilizados para a proposta de classificação da revisão. No desenvolvimento deste capítulo identificamos alguns aspectos frequentemente utilizados pelos modelos como principal meio de interação entre os subsistemas envolvidos. Estas características, listadas na

Tabela 6, descrevem os aspectos de cada subsistema que têm efeitos sobre as decisões dos atores em outros subsistemas. Para os transportes observamos o uso de medidas de resistência dos deslocamentos (custos de viagem, distâncias entre origem e destino, etc.), para o subsistema de uso do solo identificam-se aspectos relativos à espacialidade relativa dos usos (disponibilidade espacial física, localizações relativas, etc.), e finalmente para o subsistema de atividades ficam claros os aspectos referentes às relações entre atores (necessidades pessoais, interações econômicas, etc.).

### *3.2.3.1. Subsistema de Transportes*

Todos os modelos revisados utilizam-se de medidas de acessibilidade (ex.: “tempos de viagem”, “custos generalizados”, etc.) para expressar a influência do subsistema de transportes nos outros dois subsistemas; entretanto, eles normalmente tratam destas medidas de maneiras distintas. Estas influências estão expressas na Figura 7 pelas setas 2 e 4. Modelos conceituais são unânimes na utilização de níveis de acessibilidade para modelar as interações entre transportes e uso do solo, mas apenas MILLER e CASCETTA assumem que medidas de acessibilidade são importantes também como influência para o subsistema de atividades. Similarmente, os modelos operacionais interpretam e representam os impactos dos transportes sobre o subsistema de uso do solo através de medidas de acessibilidade, mas apenas três dos dez modelos revisados (TRANUS, URBANSIM e ILUMASS) reconhecem efeitos sobre o subsistema de atividades.

### *3.2.3.2. Subsistema de Uso do Solo*

Os modelos revisados não demonstram qualquer consenso sobre como o subsistema de uso do solo pode afetar os demais subsistemas. A mais comum variável utilizada para descrever características do sistema de uso do solo são as medidas de disponibilidade espacial (que pode ainda ser subdividida em espaço físico e espaço organizado), e medidas de padrão de distribuição de usos (por exemplo; medidas de concentração ou dispersão dos tipos de ocupação do solo). Todos os modelos conceituais (WEGENER, TORRENS, ORTUZAR, MILLER, GEURS e CASCETTA) assumem medidas de

padrão de distribuição como variáveis que afetam os demais subsistemas, geralmente descritas em termos de localizações e posicionamentos relativos. Por outro lado, modelos operacionais incorporam tais conceitos de maneira distinta. Enquanto TRANUS, MUSSA, DELTA e ILUMASS veem as “localizações relativas” como a principal variável a afetar outros subsistemas, outros modelos dependem de outros aspectos do subsistema de uso do solo. LOWRY, ITLUP e LILT usam medidas de “vacância de espaço” (espaço físico disponível para ser desenvolvido [aos moldes do que a literatura define como “*land development*”]) para modelar os efeitos do uso do solo sobre as decisões relativas às atividades. IRPUD, METROSIM e URBANSIM, diferentemente, dependem de dados sobre a disponibilidade de “*floorspace*”.

Adicionalmente, modelos tendem a assumir que o subsistema de uso do solo tem impactos mais perceptíveis sobre o subsistema de atividades, se comparado a seus efeitos sobre o subsistema de transportes. A exemplo disto, enquanto todos os modelos, tanto conceituais quanto operacionais, reconhecem uma maior interação entre os subsistemas de uso do solo e atividades, apenas os modelos GEURS e CASCETTA (dentre os conceituais) e TRANUS, MUSSA, DELTA e ILUMASS (dentre os operacionais) reconhecem os efeitos do subsistema de uso do solo sobre o subsistema de transportes.

### 3.2.3.3. *Subsistema de Atividades*

A maneira que os modelos revisados neste trabalho representam a influência das atividades sobre os subsistemas de uso do solo e dos transportes acontece através de algum tipo de medida de desejos e/ou necessidades por desempenhar atividades. Apesar destes modelos não serem claros ao explicarem as variáveis e indicadores representativos da influência deste subsistema sobre os outros dois, é possível perceber que as influências modeladas do subsistema podem ser limitadas a duas categorias de atividades ou mais abrangente, representando uma maior variedade de categorias. No primeiro caso, geralmente representam-se desejos e necessidades de “residir” e “trabalhar” (na forma de oferta e demanda por residências e por vagas de emprego). Já no segundo caso, os modelos relacionam estas necessidades e desejos a decisões individuais dos atores envolvidos, ou a relações econômicas agregadas por categoria de atividades.

Os modelos conceituais representam os efeitos do subsistema de atividades de muitas maneiras. ORTUZAR assume desejos e necessidades limitados a residir e trabalhar, CASCETTA vê desejos e necessidades para uma maior variedade de atividades, GEURS e MILLER assumem a multiplicidade de categorias de atividades. Enquanto o primeiro as assume dirigidas por desejos individuais dos atores, o segundo vê tanto desejos individuais quanto desejos derivados das relações econômicas agregadas. Finalmente, WEGENER e TORRENS não reconhecem em seus modelos estes tipos de interações, já que não contemplam a modelagem do subsistema de atividades.

Os modelos operacionais LOWRY, LIT, ITLUP, IRPUD, MUSSA, METROSIM e DELTA assumem os desejos e necessidades emanadas por atividades como sendo limitados às atividades de residir e trabalhar. Por outro lado, TRANUS, ILUMASS e URBANSIM assumem que os desejos e necessidades são relativos a numerosas categorias de atividades, não se limitando a residir e trabalhar. Destes três modelos, TRANUS vê a origem destes desejos e necessidades como provenientes das relações econômicas agregadas entre diferentes categorias de atividades; ILUMASS, por outro lado, adota os interesses individuais de cada ator envolvido no sistema como origem, e, finalmente, URBANSIM adota as duas interpretações, tanto dos desejos individuais quanto das relações econômicas agregadas.

#### *3.2.3.4. Conclusões*

Os resultados expostos na tabela 7 mostram que os modelos revisados geralmente modelam as influências do subsistema de transportes em termos de medidas de acessibilidade, e que as influências do subsistema de uso do solo são em termos de distribuição espacial dos usos. Entretanto, estas influências não afetam os demais subsistemas de maneira homogênea. Parece ser mais comum que os modelos apenas reconheçam certas relações (tais como subsistema de transportes afeta o subsistema de uso do solo [Tr → LU], subsistema de uso do solo afeta diretamente o subsistema de atividades [LU → Ac], e o subsistema de atividades afeta o subsistema de transportes [Ac → Tr]), enquanto outras relações são ignoradas. Poucos são os modelos que levam em consideração os impactos dos transportes sobre as atividades (três no total; TRANUS,

ILUMASS, MILLER e CASCETTA), do uso do solo sobre os transportes (seis no total; TRANUS, MUSSA, DELTA, ILUMASS, TORRENS GEURS e CASCETTA), ou os efeitos das atividades sobre o uso do solo (quatro no total; TRANUS, ILUMASS, MILLER e CASCETTA). Conseqüentemente, de todos os modelos revisados, apenas três (TRANUS, ILUMASS e CASCETTA) conseguem modelar suficientemente as três relações listadas acima. Isto significa que precisamos formalizar a modelagem ALUTI dos sistemas urbanos, já que ao assumirmos a complexidade deste sistema urbano, e ao adotarmos uma abordagem sistêmica de interpretação de seu funcionamento não poderemos mais ignorar os efeitos mútuos de seus subsistemas componentes, enfoque ainda presente nos modelos revisados.

Tabela 7. Atributos utilizados pelos modelos como interface entre subsistemas.

	TRANSPORTE (Tr)		USO DO SOLO (LU)		ATIVIDADES (Ac)	
	Tr→LU	Tr→Ac	LU→Tr	LU→Ac	Ac→Tr	Ac→LU
<b>Wegener</b>	Acessibilidade	-	-	Distribuição de usos	-	-
<b>Torrrens</b>	Custo de Viagem	-	-	Distribuição de usos	-	-
<b>Ortuzar</b>	Acessibilidade	-	-	Distribuição de usos	Desejos pessoais (RT)	-
<b>Miller</b>	Acessibilidade	Acessibilidade	-	Distribuição de usos	Economia (MA)	Economia (MA)
<b>Geurs</b>	Acessibilidade	-	Distribuição de usos	Distribuição de usos	Desejos pessoais (MA)	-
<b>Cascetta</b>	Acessibilidade	Acessibilidade	Distribuição de usos	Distribuição de usos	Economia (MA)	-
<b>LOWRY</b>	Distâncias	-	-	Espaço Disponível	Desejos pessoais (RT)	-
<b>ITLUP</b>	Custo de Viagem	-	-	Espaço Disponível	Desejos pessoais (RT)	-
<b>LILT</b>	Custo de Viagem	-	-	Espaço Disponível	Desejos pessoais (RT)	-
<b>IRPUD</b>	Acessibilidade	-	-	"floorspace" disponível	Desejos pessoais (RT)	Desejos pessoais (RT)
<b>TRANUS</b>	Custo de Viagem	Acessibilidade	Distribuição de usos	"floorspace" disponível	Economia (MA)	Economia (MA)
<b>MUSSA</b>	Custo de Viagem	-	Distribuição de usos	Distribuição de usos	Desejos pessoais (RT)	-
<b>METROSIM</b>	Custo de Viagem	-	-	"floorspace" disponível	Desejos pessoais (RT)	-
<b>DELTA</b>	-	-	Distribuição de usos	"floorspace" disponível	-	Desejos pessoais (RT)
<b>URBANSIM</b>	-	Acessibilidade	-	"floorspace" disponível	Economia (MA)	Desejos pessoais (RT)
<b>ILUMASS</b>	Acessibilidade	Acessibilidade	Distribuição de usos	Distribuição de usos	Desejos pessoais (MA)	-

(-) = Não se aplica; (MA) = Múltiplas Atividades; (RT) = Residir e Trabalhar

Fonte: Elaborada pelo autor.

### **3.3. Comentários Finais**

As três primeiras questões de pesquisa, como apresentadas na introdução deste capítulo foram explicitamente respondidas ao longo das argumentações apresentadas até aqui. Nós limitamos esta seção final do capítulo para responder à última questão posta. Antes de fazermos isto, dedicamo-nos a apresentar dois dos principais achados. Baseado em nossa revisão, acreditamos que os modelos ALUTI, como propostos aqui, deveriam ser melhor explicados e explorados a partir da interpretação conceitual e através da incorporação explícita das interações entre seus componentes e dentro dos seus componentes. Segundo, devido a vários modelos serem limitados a apenas dois dos três subsistemas propostos pelo modelo ALUTI (expresso pelo modelo “a priori”) existem muitas oportunidades de aprimorar suas modelagens através da expansão do seu escopo (principalmente em termos de subsistemas envolvidos e todas as consequências que isto pode desencadear).

Abaixo discutimos as conclusões em maior detalhe, a partir da perspectiva da última questão de pesquisa, relativa às limitações dos modelos e de sua aplicabilidade. Organizamos este capítulo em três debates inter-relacionados, a respeito de (a) as dificuldades dos modelos integrados em interpretar a existência dos subsistemas componentes do sistema ALUTI, em especial da distinção entre os subsistemas de uso do solo e de atividades; (b) as limitações e dificuldades apresentadas na modelagem do funcionamento interno destes subsistemas, e (c) a incorporação de medidas de desempenho como indicadores das inter-relações e efeitos mútuos entre os subsistemas do sistema ALUTI.

#### ***3.3.1. A Interpretação do Subsistema de Atividades***

Aparentemente, os modelos revisados têm certa dificuldade em diferenciar os subsistemas componentes do sistema ALUTI, e nem sempre modelam as decisões relativas a estes subsistemas. Enquanto existe um amplo reconhecimento de como se dá a modelagem do subsistema de transportes, muitos dos modelos não são claros quanto à separação entre o que compõe os subsistemas de uso do solo e das atividades, frequentemente combinando estes dois subsistemas em apenas um. Isto significa também

a combinação de decisões que deveriam ser próprias de cada subsistema, tais como o desenvolvimento do solo ("*land development*") (tais como a decisão de construção ou de mudança de categorias de uso dentro do território), escolhas locais, (tais como decisões de onde localizar firmas, residências, etc.), ou ainda, decisões de tomar ou não parte em atividades e em que localizações (como a escolha de onde fazer as compras, em que posto de gasolina reabastecer o carro, etc).

Esta situação, em que modelos não conseguem claramente descrever o sistema de atividades e não incorporam a modelagem das decisões de atividades endogenamente, podem levar a um entendimento menos abrangente dos sistemas ALUTI. Uma possível consequência deste entendimento limitado é a dificuldade de entender os impactos das atividades (como variável exploratória) em decisões tomadas dentro dos demais subsistemas (tais como decisões de viagens e de localizações). Isto poderia ainda minimizar a importância da dimensão socioeconômica (associada ao subsistema de atividades) na modelagem ALUTI. Modelos ALUTI frequentemente associam o comportamento de viagens com características de uso do solo (como as medidas de densidade urbana), mas frequentemente ignoram efeitos de características socioeconômicas (STEAD, 2001). Nós entendemos que tais características sociais e econômicas domiciliares (por exemplo, renda familiar, número de integrantes, gênero dos integrantes, idades, etc.), comerciais (ex.: receitas, lucros, número de empregados, etc.), e de outras instituições fazem parte do subsistema de atividades. A falta do entendimento de um subsistema de atividades separado dos demais, e a consequente falta de uma modelagem dedicada a ele, não significa que modeladores ignoram as variáveis socioeconômicas. Isto pode ser verificado em trabalhos que relacionam renda e transportes, por exemplo (VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013). Entretanto, a incorporação da modelagem do subsistema de atividades evidencia e reforça o papel ativo das variáveis socioeconômicas nas inter-relações mútuas, tanto com decisões de viagem (subsistema de transporte) quanto de localizações e desenvolvimento do território (uso do solo).

### **3.3.2. Modelagem do Funcionamento Interno dos Subsistemas**

Os modelos integrados revisados não apresentam uma representação clara do funcionamento interno dos subsistemas de uso do solo e atividades. Esta constatação é reforçada ainda pelo fato de que muitos dos modelos revisados não incluem de maneira alguma a modelagem conceitual dos subcomponentes não especificados, bem como suas relações. Duas conclusões podem ser tomadas a partir desta falta de clareza na modelagem interna dos subsistemas. Primeiro, isto significa uma interpretação vaga das hipóteses e premissas de causalidade entre as partes componentes dos subsistemas, que servem de base para qualquer tentativa de planejamento. Segundo, isto torna a medição do desempenho de funcionamento dos subsistemas uma tarefa mais difícil, uma vez que esta medida depende do entendimento das relações internas (tais como as relações de desequilíbrio entre oferta e demanda) do (sub)sistema a ser avaliado. A Tabela 5 (página 60) apresenta os resultados compilados sobre como (e se) os modelos interpretam desequilíbrio entre oferta e demanda de cada subsistema, mas é importante observar que a partir da documentação de cada um dos modelos revisados não é completamente claro se e como as interações entre oferta e demanda são incluídas em cada modelo.

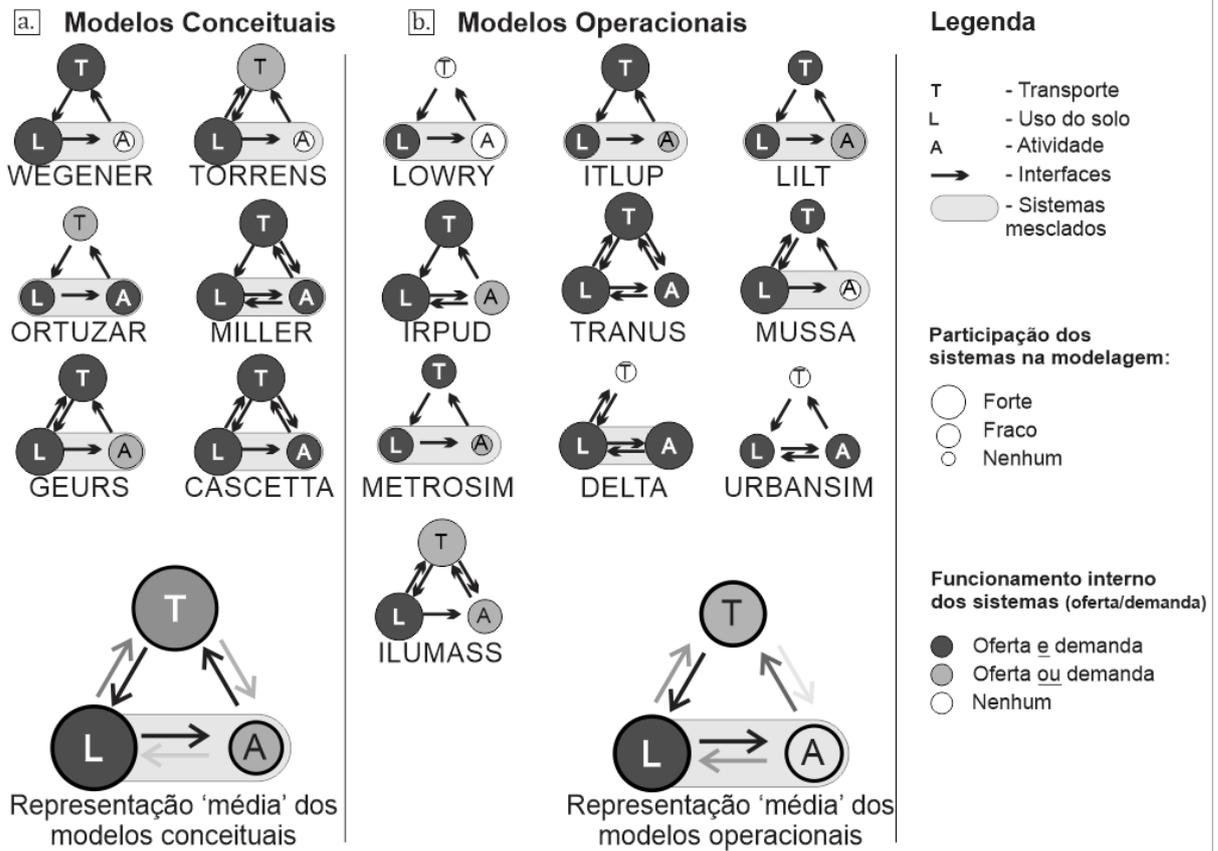
### **3.3.3. Medidas de Impacto**

Ambos os grupos de modelos parecem ser mais bem equipados para representar apenas um conjunto de interações ( $Tr \rightarrow LU$ ,  $LU \rightarrow Ac$  e  $Ac \rightarrow Tr$ ) sem necessariamente serem capazes de representar cada um dos subsistemas separadamente. Em relação às medidas de impacto (aquelas que acontecem na interface entre subsistemas), a Tabela 6 e a Figura 8 apresentam que medidas de acessibilidade ( $Tr \rightarrow LU$ ) e de distribuição e disponibilidade de espaço ( $LU \rightarrow Ac$ ) são as únicas medidas de impacto que são consideradas por todos os modelos integrados revisados. Todas as outras quatro interfaces (que estão representadas no modelo “*a priori*” pelas setas numeradas) são desconsideradas pela maior parte dos modelos. Assumindo-se que a interpretação destas interfaces normalmente se dá através da definição de indicadores que representam (qualitativa ou quantitativamente) as interações entre subsistemas, e que algumas destas interações simplesmente não são, ou não são bem explicitadas nos modelos, podemos

concluir que existe ainda espaço para melhorias na seleção e definição destas variáveis e indicadores para certas interações.

Podemos ainda perceber alguma diferença entre o desempenho dos grupos de modelos. Ao tentarmos comparar objetivamente os modelos conceituais e operacionais, atribuindo valores aos atributos de inclusão de subsistemas na modelagem, intensidade da participação dos subsistemas no entendimento do funcionamento do sistema inteiro, e para a inclusão de modelagem interna (em termos de oferta e demanda) de cada subsistema, é possível descrever o que seria a média de desempenho dos modelos de cada grupo. Da comparação destas médias percebe-se um melhor desempenho dos modelos conceituais, como ilustrado na Figura 8. Individualmente, podemos destacar o bom desempenho dos modelos MILLER, CASSETTA e TRANUS.

Figura 8. Resumo da representação, de todos os modelos revisados, dos subsistemas e suas interações, e a representação do desempenho médio dos dois grupos de modelos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Apresentamos, a seguir, algumas recomendações baseadas em nossa revisão:

- Acreditamos que seja importante começarmos a tratar da modelagem de sistemas ALUTI, em substituição à modelagem de sistemas LUTI;

- Modelos de sistemas ALUTI deveriam representar mais claramente (e se possível de forma gráfica/visual) a modelagem interna dos subsistemas participantes do sistema urbano integrado;

- Nos parece plausível tratar da modelagem interna dos subsistemas na forma de relações de desequilíbrio entre oferta e demanda (o que os estudiosos dos sistemas complexos chamariam de equilíbrio homeostático);

- Com o intuito de facilitar a comunicação entre as diferentes comunidades de planejadores, modeladores e técnicos que tratam do fenômeno urbano, acreditamos ser necessária a inclusão de medidas de desempenho dos subsistemas participantes do sistema ALUTI que podem ser extraídas das próprias medidas de desequilíbrio dinâmico (homeostase) entre medidas de oferta e demanda;

- Torna-se cada vez mais necessária a interpretação das interações entre subsistemas (medidas de impacto) de modo a reconhecermos a complexidade das interações entre subsistemas além dos subsistemas de transporte e uso do solo (pelo menos o subsistema de atividades, o que configuraria o modelo ALUTI);

- Pesquisas e desenvolvimento de modelos posteriores deveriam avançar em relação à correção das falhas (“gaps” na literatura de língua inglesa) encontradas entre a estrutura conceitual (tal como o modelo “a priori” proposto) e os modelos integrados disponíveis. Em especial se pretendemos incorporar o conceito ALUTI como um substituto dos modelos LUTI;

Modelos ALUTI podem ser ótimas ferramentas e deveriam ser incorporadas ao processo de planejamento. Para que isto se torne realidade e procedimento padrão torna-se necessário que planejadores e pesquisadores mostrem que tais ferramentas podem ser incorporadas no processo metodológico de planejamento, não apenas como ferramentas de comparação de alternativas de soluções, mas como uma ferramenta de compreensão da realidade (descritivo, e de auxílio à identificação de problemas) e de auxílio à proposição. Isto é importante tanto para as aplicações no mundo real (como os processos de tomada de decisão dentro do planejamento) como para a evolução da pesquisa e do conhecimento sobre a realidade que nos cerca.

#### **4. PROPOSIÇÃO DE MODELO CONCEITUAL DAS RELAÇÕES ENTRE USO DO SOLO, TRANSPORTES E ATIVIDADES**

Uma comunicação clara é necessária para que o complexo processo de planejamento de cidades funcione adequadamente. Este processo necessita de uma abordagem transdisciplinar, ou seja, diferentes grupos de planejadores procuram soluções para problemas que são, em muitos dos casos, conflitantes entre si. (MAY, 2005; MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009). Modelos são ferramenta que podem ajudar muito no trato de fenômenos complexos, ajudando a esclarecer que relações estão envolvidas neste processo. Os atuais modelos LUTI (do inglês “*Land Use and Transport Interaction*”) aparecem como possíveis respostas para o desafio da clara comunicação e da representação complexa destes sistemas (TIMMERMANS, 2003). Entretanto, acreditamos que os atuais modelos não estão devidamente equipados para clarificar as relações entre os componentes daquilo que chamamos de sistema ALUTI. Em nosso esforço de revisão dos modelos LUTI atuais reconhecemos quatro principais razões que justificam a necessidade de incorporar o conceito do sistema ALUTI (que compreende os subsistemas de atividades, uso do solo e transportes), bem como um entendimento mais aprofundado dos modelos que os representam em relação a sua conceituação. As justificativas são:

- a) Para entendermos os mecanismos por trás dos modelos, de tal modo que possamos diferenciar os subsistemas componentes e suas interações;
- b) Por motivos de comunicação, para que possamos ilustrar explicitamente aos grupos de planejadores envolvidos os impactos mútuos causados por suas decisões;
- c) Para auxiliar na aplicação do modelo, já que, caso modelos não contemplem, ou não contemplem adequadamente relações importantes (existentes na realidade) tais modelos podem ser menos úteis, ou mesmo danosos.
- d) Para que possamos endereçar as lacunas do conhecimento, como um passo necessário à evolução do conhecimento.

Questionamos quão adequados são os atuais modelos integrados conceituais para auxiliarem como suporte a um processo bem informado de tomada de decisão em relação ao planejamento do uso do solo e transportes. Acreditamos que a literatura já aponta para potenciais benefícios advindos de discussões e desenvolvimentos teóricos mais aprofundados (TIMMERMANS, 2003). Muitos modelos disponíveis apresentam

diferentes soluções práticas para a integração dos componentes (especificamente, os subsistemas de uso do solo, transportes e atividades (MILLER, 2003; VAN WEE, 2002)) do sistema urbano integrado, tendo tais modelos sido revisados por diversos autores (IACONO, LEVINSON e EL-GENEIDY, 2008; PFAFFENBICHLER, 2003; TIMMERMANS, 2003; WEGENER, 2014). Entretanto, estes mesmos modelos ainda apresentam várias limitações importantes que os tornam menos úteis do que poderiam ser para a prática do planejamento integrado. Em resumo, pretendemos abordar três principais limitações apontadas pelas revisões de modelos LUTI, em relação à sua conceituação;

- a) Os atuais modelos não são muito explícitos em incorporar os três subsistemas componentes dos sistemas ALUTI, uma vez que não conseguem diferenciar corretamente os subsistemas de uso do solo e atividades;
- b) Estes mesmos modelos, não incorporam as relações de oferta e demanda à modelagem conceitual, minimizando a importância de seus efeitos no ciclo causal entre componentes do sistema;
- c) Diferentemente de como tratam o subsistema de transportes, os atuais modelos integrados não incorporam a ideia de desempenho para os outros dois subsistemas.

Acreditamos que este capítulo busca contribuir com a concepção de um modelo ALUTI, que enderece as limitações verificadas pelas revisões de modelos integrados atuais (apresentadas no capítulo 3), e apontadas aqui. Espera-se que o resultado final do corrente capítulo, na forma de um modelo ALUTI conceitual, possa auxiliar as comunidades técnico e científicas envolvidas com o planejamento urbano de três distintas maneiras; na tarefa de identificar e representar os problemas envolvidos com as dinâmicas do sistema LUTI; em definir as premissas de causalidade entre as partes componentes do sistema; e finalmente, em apontar os possíveis indicadores que nos permitam caracterizar (medir e entender) os efeitos mútuos entre as partes componentes do sistema. O objetivo a ser alcançado neste capítulo é, portanto:

*Construir um modelo ALUTI conceitual que preencha as lacunas identificadas pela revisão dos modelos atuais, descrevendo os componentes desagregados do sistema e suas inter-relações.*

Pretendemos alcançar tal objetivo através de um processo dividido em duas etapas. Primeiro, complementando a revisão de modelos conceituais com uma descrição mais direcionada daqueles modelos que nos chamaram a atenção como potenciais maiores contribuintes à conceituação de modelos ALUTI. Segundo, apresentando uma proposta conceitual única e coerente de um modelo ALUTI, que incorpore uma representação mais compreensiva dos três subsistemas. Tal proposta prima pela representação independente dos subsistemas, descrição desagregada dos processos internos (oferta/demanda) e a identificação dos elementos que permitem as suas inter-relações.

A organização textual do capítulo segue a seguinte lógica. Após a introdução, apresentamos uma breve descrição da metodologia empregada e das limitações do escopo deste trabalho (seção 4.1). O capítulo segue com a complementação da revisão dos modelos ALUTI, com uma descrição de três modelos conceituais de pesquisa e a ilustração de seus diagramas (seção 4.2). Em seguida, apresentamos a proposta do modelo conceitual ALUTI, com seus resultados ilustrados no final da seção (seção 4.3). Finalmente, concluímos o capítulo com as principais conclusões e discussões sobre as aplicabilidades do modelo (seção 4.4).

#### **4.1. Metodologia e Limitação do Escopo**

O ponto de partida para a construção de um modelo é a percepção das lacunas deixadas pelos atuais modelos, revisados pela literatura (seção 3). Esta percepção de lacunas se baseou em assumirmos um conjunto de premissas de como um modelo ALUTI deve funcionar, ilustrado pelo que chamamos de modelo “*a priori*” (Figura 7). Este modelo ‘*a priori*’, que se baseia no trabalho de van Wee (2002), sobre a interpretação do comportamento de usuários do sistema de transportes, está em acordo com o que a literatura comumente reconhece como sendo os componentes do sistema ALUTI (STEAD, 2001; MILLER, 2003; GEURS e VAN WEE, 2004). Este conceito ilustra simplesmente os componentes do sistema ALUTI de maneira agregada (sem muitos detalhes quanto aos seus funcionamentos internos) e as mútuas interações. Este modelo ainda reconhece dois tipos de indicadores, um interno aos subsistemas, que serve como medida de

desempenho, e outro externo, que serve como medida de impacto entre sistemas (ilustrados pelas várias setas da Figura 7).

Os vários modelos integrados existentes representam os subsistemas de transporte e uso do solo utilizando-se de lógicas bem distintas. Enquanto planejadores representam os transportes como sendo o resultado de um desequilíbrio entre oferta e demanda (CASCETTA, 2009), com resultados que expressam o desempenho do sistema em questão e que também influenciam suas relações externas, com outros subsistemas, estes mesmo planejadores frequentemente entendiam o sistema de uso do solo (costumeiramente confundido com atividades) como simples 'inputs' para o modelo de transportes (DE LA BARRA, 1989; NEWMAN e KENWORTHY, 1996; MILLER, 2003), o que começou a se modificar apenas em anos mais recentes (LITMAN, 2015), com uma percepção mais objetiva dos efeitos do uso do solo sobre os transportes e vice-versa. Acreditamos que incorporar relações dinâmicas de oferta e demanda para os subsistemas de uso do solo e atividades (PARKER *et al.*, 2012) deve ajudar a modelagem de duas maneiras. Primeiro, isto deve funcionar como uma linguagem comum, permitindo uma melhor comunicação e interpretação de resultados entre as comunidades de planejamento dos transportes do uso do solo, uma vez que resultados objetivos de desempenho e impacto já são o '*modus operandi*' da comunidade dos transportes. Segundo, isto também seria uma maneira de incorporar características de dinamicidade adicional à modelagem do uso do solo e atividades, baseado em seus funcionamentos internos.

Existem atualmente alguns modelos que apresentam as três características conceituais que acreditamos serem necessárias para uma modelagem ALUTI mais integrada (IACONO, LEVINSON e EL-GENEIDY, 2008; CASCETTA, 2009, PFAFFENBICHLER, 2003; MILLER, 2003; TIMMERMANS, 2003; WEGENER, 2014; WEGENER e FÜRST, 1999). Estas características são: a incorporação de três subsistemas distintos na modelagem, de mecanismos de oferta e demanda dentro de cada subsistema, e a modelagem das interfaces entre subsistemas. Para os objetivos deste capítulo, enfatizamos nosso interesse nos mais recentes e melhor avaliados modelos focados em desenvolvimento conceitual (de pesquisa). A próxima seção apresenta uma breve revisão de três modelos conceituais selecionados dentre os 16 previamente revisados (capítulo 3). O foco desta revisão está nos detalhes de representação interna dos três subsistemas

e como se dão suas interações. Tentaremos alimentar o modelo ALUTI a ser proposto com as características mais recorrentes da literatura (aquelas que os autores mais depositam sua confiança) na tentativa de contribuirmos fielmente com o atual estágio de evolução conceitual da modelagem integrada.

## **4.2. Discussão de Modelos Conceituais Referenciais**

Nesta seção, discutimos com maior foco três modelos conceituais referenciais com o objetivo de encontrar seus pontos comuns e suas dificuldades na representação do sistema ALUTI. Os modelos selecionados foram elaborados por Miller (2003), Geurs e van Wee (2004) e por Cascetta (2009). A seleção destes modelos se deu através dos resultados apresentados na seção de revisão de literatura (seção 3). Esta breve revisão se organiza seguindo três princípios básicos: A diferenciação entre os subsistemas de uso do solo e transportes; a representação das funções internas dos sistemas de uso do solo e atividades, e a maneira como os efeitos mútuos entre subsistemas são interpretados.

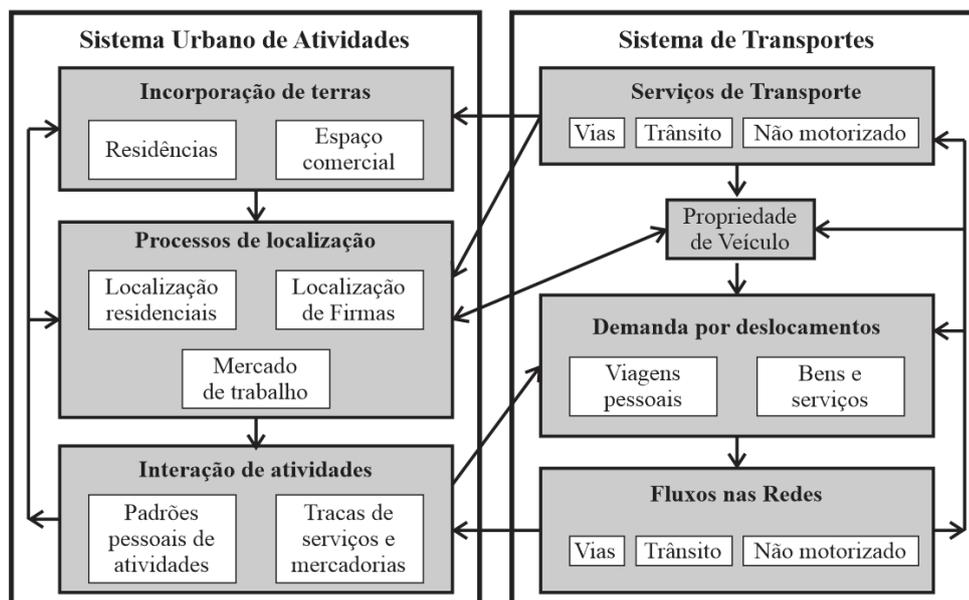
### **4.2.1. Miller (2003)**

Apesar de o autor reconhecer diferenças relativas aos elementos constituintes de uso do solo e atividades, seu modelo assume os dois subsistemas sendo modelados em apenas um subsistema, que o autor prefere chamar de “sistema de atividades”. Seu argumento é que *“por conveniência, usaremos o termo ‘uso do solo’, ‘forma urbana’, e ‘sistema urbano de atividades’ indistintamente, mesmo reconhecendo as nuances que existem entre estes termos”* (Miller, 2003, p.5-3).

#### *4.2.1.1. Diferenciação entre subsistemas*

Na interpretação do modelo, ilustrado pelo seu diagrama na Figura 9, percebe-se uma clara separação conceitual entre cada um dos três subsistemas, aparentando serem complementares, e não indistintos, como o autor afirma ser. Em seu modelo, Miller descreve os subsistemas atividades e uso do solo de modo que apresentam um ciclo de retroalimentação entre si, ilustrados sob o título de “sistema urbano de atividades” (parte superior esquerda da Figura 9). Entretanto é fácil discernir os papéis distintos de cada um dos subsistemas partícipes.

Figura 9. Sistemas LUTI (segundo Miller, 2003).



Fonte: MILLER, 2003

O modo como o autor modela o sistema de transportes é muito similar à abordagem tradicional, onde se representa a porção da oferta como “serviços de transporte” (*transport services*, no original) relacionada a uma “demanda por viagens” (*travel demand*), que se materializa como “fluxos de transporte na rede” (*transport network flows*). Esta representação é bastante limitada em relação aos ciclos de dependências pois reconhece efeitos diretos entre os fluxos na rede e a oferta do sistema, mas não o contrário.

#### 4.2.1.2. Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades

O modelo de Miller resume o subsistema de uso do solo a apenas uma parcela do chamado “sistema de atividades urbanas” (identificável do lado direito da Figura 9). A caixa que é identificada como processo de localização “*é onde domicílios e firmas decidem onde se localizarem, dadas as alternativas de localizações disponíveis*” (MILLER, 2003). Ao mesmo tempo, a caixa descrita como desenvolvimento do solo (“*land development*”, no original) sugere transformações no estoque de espaço ocupável (“*floorspace*” no original), descrito pelo autor como as mudanças na forma do ambiente construído em que o solo é desenvolvido, ou ainda como as edificações (infraestrutura física) existentes são

modificados ou substituídos. É plausível inferir que o “processo de localização” é mais associado ao lado da demanda, e que o “desenvolvimento do solo” é mais associado à oferta do sistema.

De forma similar, poderíamos interpretar que, dentro do chamado “sistema de atividades urbanas” de Miller, também existe uma porção do sistema que representa o que o modelo *‘a priori’* reconhece como o sistema de atividades. A porção inferior esquerda da Figura 9 ilustra o que se chama de “interações de atividades”. Podemos interpretar que destas interações deveríamos ter um resultado de desequilíbrio entre os desejos e necessidades dos atores envolvidos no sistema, referente à sua porção da demanda, e o estoque de atividades disponíveis para serem “consumidas” ou usufruídas, relativo à oferta do sistema. O funcionamento do sistema proposto por Miller acaba por diminuir a importância das atividades, que são apenas uma etapa do processo de desenvolvimento do solo e das escolhas de localização. Nele, escolhas locais relativas ao desenvolvimento do solo, e à interação entre atividades não são distinguíveis.

#### 4.2.1.3. Interfaces entre subsistemas

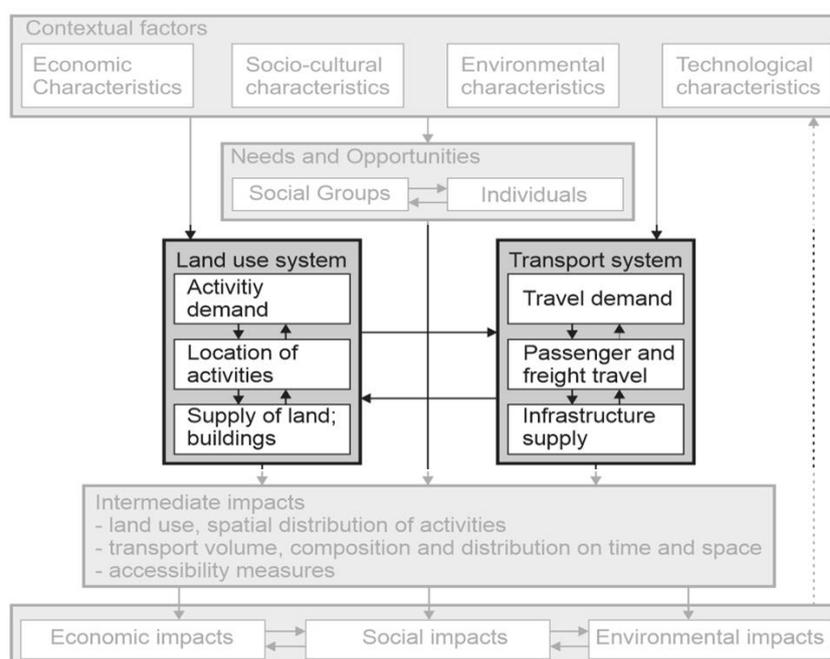
Com relação à interação entre os subsistemas em foco, enquanto o modelo assume que as atividades têm influência direta sobre a oferta e demanda do uso do solo, e também sobre a demanda por deslocamentos, ele reconhece efeitos bastante limitados para o subsistema de uso do solo. No modelo, este subsistema afeta apenas as “interações entre atividades”, e uma pequena parcela do subsistema de transportes, relativo à escolha modal e “posse de veículo”. Do lado dos transportes, a demanda não é afetada por características do uso do solo, mas apenas pelas interações entre atividades. O modelo não é claro quanto ao papel da acessibilidade nos ciclos de dependência assumidos pelo autor. Deste modo, o modelo se mostra desequilibrado, dando pouca importância às escolhas de localizações como influência das demandas por transportes. Miller defende que a oferta dos transportes, demanda por deslocamentos, e fluxos na rede têm efeitos perceptíveis do lado do uso do solo e das atividades, mas não expressa claramente os efeitos contrários.

#### 4.2.2. Geurs e Van Wee (2004)

O propósito da criação deste modelo, segundo os autores, foi para servir como estrutura para a avaliação de impactos em sustentabilidade, através da interpretação das interações entre uso do solo e transportes. Isto significa que ele não foi criado com o intuito de representar completamente as dinâmicas envolvidas em sistemas ALUTI. Esta é uma limitação importante do modelo que deve ser reconhecida desde o princípio da análise.

##### 4.2.2.1. Diferenciação dos subsistemas

Figura 10. Adaptado do modelo LUTI de Geurs e van Wee (2004).



Fonte: GEURS e VAN WEE, 2004

O modelo proposto por Geurs e van Wee (2004) (que pode ser visto na Figura 10) assume que os subsistemas de uso do solo e atividade se sobrepõem, entretanto, ele reconhece a existência de três decisões distintas a serem feitas pelos atores envolvidos com o sistema, o que configuraria uma modelagem ALUTI. Estas decisões são relativas a viagens (origens, destinos, modo de transporte, etc.), a localizações (a posição relativa entre as infraestruturas urbanas) e a atividades (participar ou não de quais atividades).

Interessante perceber que a ilustração do modelo apenas ilustra dois sistemas, em contraponto às três decisões que os autores defendem existir.

Aparentemente os autores associam as decisões sobre demandas locacionais (descritas como a localização específica de funções urbanas [de uso do solo], tais como residências, escritórios, escolas, etc.) e demandas por atividades (exemplificadas pelos autores como, residir, trabalhar, comprar, divertir-se, estudar, etc.). Quanto às decisões de deslocamentos, o modelo representa o sistema de transporte de modo similar ao sistema tradicional de relações entre oferta e demanda. Os mesmos três elementos descritivos do sistema (utilizados por Miller[2003]) estão presentes na proposta de Geurs e van Wee: “demanda por deslocamentos”, “fluxos de transporte” e “oferta de serviços”.

#### *4.2.2.2. Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades*

Especificamente a respeito do subsistema de uso do solo, os autores incorporam ao modelo a ideia de demanda por localizações e de oferta de terra e infraestrutura (na forma de edificações). Esta interpretação sugere uma separação nítida entre os sistemas de atividade e uso do solo, e dotando o último de propriedades dinâmicas (de equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda). Entretanto, os autores não discutem estas características a fundo, e seu modelo não descreve como se dá esta relação. Ainda mais, o modelo descreve a porção da oferta do subsistema de uso do solo como “...terra e edificações”. Esta descrição nos permite pelo menos duas interpretações. Na primeira, a oferta representa tão somente a quantificação do espaço onde podem acontecer as ocupações. Neste sentido, as decisões estão associadas não ao desenvolvimento do solo (transformações e mudanças na forma e ocupação do espaço urbano) mas sim à sua mera ocupação. Na segunda, a oferta de terra está associada ao desenvolvimento do solo urbano, e as edificações estão associadas à ocupação de espaços já desenvolvidos. Percebe-se aqui uma dificuldade de se diferenciar o que é oferta do uso do solo e oferta de atividades. As demandas de ambos os subsistemas parecem estar melhor definidas, mas ainda assim, as relações entre oferta e demanda, ou quaisquer outras partes constituintes do subsistema ilustrado não são bem definidas.

#### 4.2.2.3. Interfaces entre subsistemas

O diagrama do modelo de Geurs e van Wee (Figura 10) não é muito claro quanto às interações entre subsistemas. As setas que ilustram tais relações não esclarecem que tipos de indicadores podem ser associados a tal relação de dependência. Até mesmo os ciclos de dependência e as retroalimentações não são claras. No entanto, o modelo inclui uma lista de impactos intermediários gerados a partir do funcionamento do sistema, atuando como quantificações dos resultados das relações. Estes resultados esperados da dinâmica do sistema servem de indicadores dos impactos que um sistema exerce sobre os demais.

Em resumo, “o subsistema de uso do solo co-determina a necessidade por terra a ser usada e também cria a necessidade de deslocamentos e de movimento de cargas dentro do sistema de transporte que serve para conectar as distâncias entre atividades” (GEURS e VAN WEE, 2004). Acessibilidade afeta as decisões locais, que em troca, levam a mudanças no subsistema de uso do solo. A estrutura do uso do solo gera uma necessidade por deslocamentos, sendo esta uma suposição muito importante. Por este motivo podemos inferir que apesar das motivações das decisões serem referentes aos desejos e necessidade de participar em atividades, a razão pela qual há a necessidade de deslocamento é intrínseca à distribuição espacial dos usos. Isto significa que tanto os desejos por atividades quanto a distribuição das localizações têm influência sobre decisões de deslocamento.

#### 4.2.3. Cascetta (2009)

Em seu trabalho Cascetta indica que seu modelo tem como principal objetivo a descrição conceitual do sistema de transportes, com o intuito de isolar os elementos mais importantes para a prática do planejamento dos transportes. Em suas palavras, “*análise detalhada dos mecanismos que baseiam cada um dos elementos constituintes do sistema de atividades encontram-se para além do escopo deste livro*” (Cascetta, 2009, p.03). Mesmo assim, sua contribuição para a modelagem da interação entre uso do solo e transportes mostra-se valiosa.

#### 4.2.3.1. Diferenciação dos Subsistemas

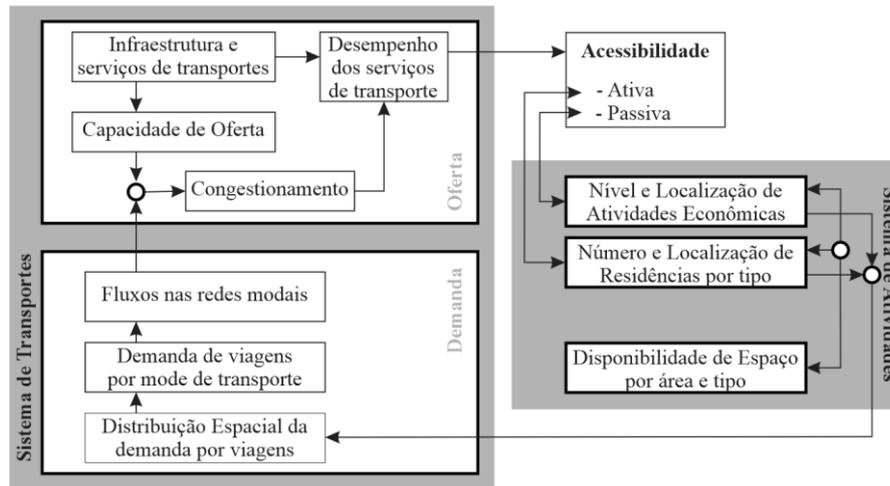
Em uma abordagem mais orientada para o planejamento dos transportes, Cascetta (2009) descreve explicitamente o sistema de transportes como um sistema de desequilíbrio entre oferta e demanda. Esta visão consolida a interpretação tradicional da comunidade do planejamento de transportes de como a modelagem dos transportes acontece. Em suma, trata-se de relação entre oferta e demanda (composta por pelo menos três elementos “demanda de viagens”, “Fluxos nas redes” e oferta de serviços”) suscetível a ciclos de dependência e retroalimentação internos ao sistema, e avaliado por medidas de desempenho.

A respeito do outro lado do sistema, o autor utiliza os termos sistema de uso do solo e de atividades como sinônimos. Nós chamaremos o lado direito do modelo (Figura 11) de sistema de uso do solo, discordando do autor, que o chama de sistema de atividades. Nosso motivo está no fato de que os elementos constituintes deste sistema pouco têm a ver com atividades socioeconômicas em si, sendo muito mais associáveis à espacialidade, localizações e solo. O modelo de Cascetta ainda apresenta, além de modelagem baseada nos resultados das decisões de transporte, três grupos de variáveis: localização, intensidade de atividades e disponibilidade de espaço. Destas variáveis, apenas uma (a de “localização”) é resultante de decisões deliberadas dos atores que participam do sistema. A variável “intensidade de atividades” depende de fatores econômicos (interações socioeconômicas) e não se configura como o resultado de uma decisão. A variável “disponibilidade de espaço” também não é uma decisão deliberada, mas sim uma restrição imposta pelo estado de desequilíbrio do sistema (muita oferta, pouca demanda, ou vice-versa). Está associada à oferta do espaço, onde funções urbanas se localizam, e pode ser entendida como indiretamente afetada por decisões dos atores gestores do espaço.

A variável “localizações” sofre a influência tanto dos desejos e necessidades (próprios do sistema de atividades), como dos níveis de acessibilidade derivados das características do sistema de transportes (ex.: Medidas de nível de serviço de transportes). Podemos dizer que o modelo ilustra uma relação de oferta (disponibilidade de espaço) e demanda (escolhas de localizações), apesar de o diagrama do modelo não mostrar claramente esta relação. Nenhum resultado parece ser modelado a partir dos

resultados de decisões referentes a atividades, como parte de um sistema de atividades. O único elemento pertencente ao modelo que se associa a um possível sistema de atividades é a própria percepção da variável de “intensidade de atividades”, que aparece como parte componente do sistema de uso do solo.

Figura 11. Sistema LUTI de Cascetta (2009), com ênfase do sistema de transportes.



Fonte: Cascetta (2009)

#### 4.2.3.2. Representação dos subsistemas de uso do solo e atividades

A característica mais notável do modelo é o grau de minimização do papel da oferta do sistema de uso do solo (que o autor chama de atividades) no ciclo de dependências do modelo. A oferta de uso do solo apresenta uma interação muito limitada com os demais elementos constituintes do modelo. Distintamente da representação do subsistema de transportes, o subsistema de uso do solo não é descrito como sendo dinâmico. A dinamicidade do subsistema de transportes funciona como uma maneira de medir as relações internas do próprio subsistema. Modelos estáticos assumem uma convergência para um estado de equilíbrio que normalmente é utilizado para análises comparativas estáticas (SIMMONDS, WADDELL e WEGENER, 2011). Modelos de desequilíbrio exigem a incorporação de mecanismos de retroalimentação positiva na modelagem, justamente para evitar que o sistema convirja para o equilíbrio. Este modo de pensar acaba por desafiar a maneira com que nós frequentemente tratamos tais fenômenos dinâmicos.

#### *4.2.3.3. Interfaces entre subsistemas*

O modelo de Cascetta (2009) ilustra explicitamente a existência de pelo menos um indicador externo que funciona como ponte entre os subsistemas modelados. Este indicador, ou conjunto de indicadores, tratado pelo modelo como medida de acessibilidade, serve como tradutor de potenciais causas, pertencentes ao sistema de transportes, em seus efeitos sobre o sistema de uso do solo. Medidas de acessibilidade representam a interação dinâmica entre o desempenho do sistema de transportes e seus efeitos no outro sistema, em termos de decisões locais. Interessantemente, o modelo não apresenta qualquer medida ou indicador que funcione de maneira semelhante no sentido oposto, traduzindo o desempenho do sistema de uso do solo em efeitos nas decisões de viagens. A própria incapacidade do modelo em representar adequadamente o sistema de atividades o impossibilita de reconhecer qualquer indicador proveniente deste subsistema. Finalmente, o autor, em uma limitação de sua interpretação, vê apenas a demanda do subsistema de uso do solo como sendo relevante a ponto de influenciar as decisões de viagem. Na ilustração da Figura 11, a porção referente à oferta do sistema de uso do solo relaciona-se apenas com a própria demanda de uso do solo, enquanto que a oferta do sistema de transportes aparece como indispensável influenciador (através do desempenho do sistema) do outro sistema. Acreditamos ser através da interpretação de medidas de desempenho (de qualquer um dos subsistemas) proveniente da relação entre oferta e demanda, que poderemos entender melhor suas medidas de impacto sobre outros subsistemas.

Endereçar estas limitações em um novo modelo nos permitiria alcançar uma abordagem mais balanceada, em que a devida importância e participação dos subsistemas na modelagem contemple as visões das comunidades de planejamento envolvidas (ou, pelo menos, os planejadores de transportes e de uso do solo), e com isso poderíamos desenvolver um modelo também mais integrado.

### **4.3. Modelagem dos subsistemas constituintes do sistema ALUTI**

Apresentamos nesta seção do documento uma proposta de modelo ALUTI complementar aos modelos aqui revisados. Esta proposta pretende contribuir para a

solução das dificuldades apresentadas pelos demais modelos. Iniciamos com a apresentação dos modelos de cada um dos subsistemas envolvidos, baseada em seus desequilíbrios internos (oferta/demanda). Descrevemos nas seções seguintes os subsistemas de transportes, uso do solo e atividades. Em seguida apresentamos uma proposta geral com foco nas inter-relações de dependências entre os subsistemas de transportes, uso do solo e atividades, enfatizando como as relações de retroalimentação entre eles acontecem.

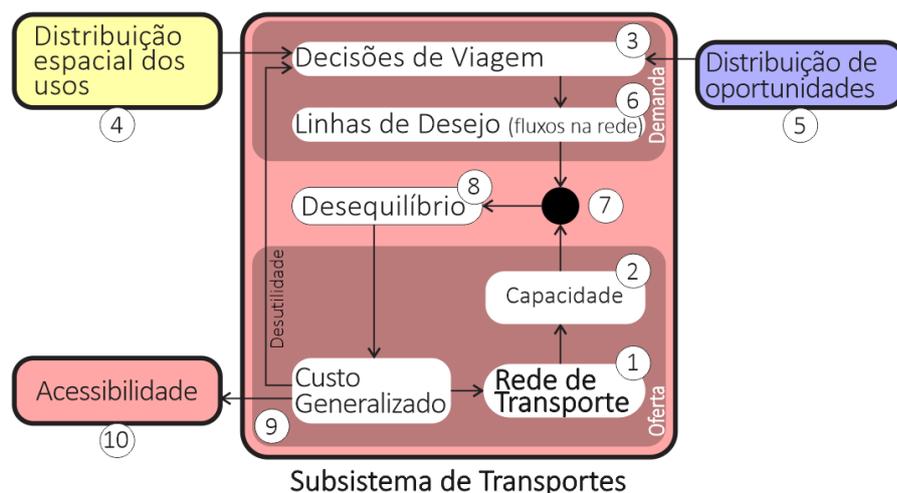
#### ***4.3.1. Representando o Subsistema de Transportes***

Apesar de reconhecermos o subsistema de transportes como sendo derivado dos desejos e necessidades por atividades (MILLER, 2003; CASCETTA, 2009; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011), iniciaremos a proposta de modelagem por este subsistema. Isto se deve ao fato de o embasamento de modelagem utilizado como ponto de partida da pesquisa ter sua origem na modelagem de transportes. Apresentamos uma proposta de modelagem das relações de dependência entre os elementos que formam o subsistema de transportes (Figura 12) com base no desenvolvimento teórico de Cascetta (2009). Esta modelagem foi a base para a construção análoga dos demais subsistemas. Na descrição do modelo chamamos atenção para a ênfase dada na interpretação do subsistema como um sistema em desequilíbrio.

As necessidades decorrentes do transporte de pessoas e cargas são as principais razões para o desenvolvimento de infraestrutura de transporte, chamada aqui de “rede de transporte” (1). Esta rede tem um limite de quanto pode ser utilizada (em termos de quantidades de deslocamentos, de pessoas servidas, etc.) chamado aqui de “capacidade” (2). Este limite é imposto tanto por características infraestruturais (físicas) quanto operacionais (lógicas) do sistema. Esta mesma necessidade de transportes leva os atores a fazerem “decisões de viagem” (3) envolvendo escolhas quanto ao modo de transporte, ou itinerários a serem feitos dentro da rede. Pelo menos três elementos distintos afetam as “decisões de viagem”, sendo eles, a “distribuição espacial” dos usos (4), a distribuição das oportunidades (5) viabilizadas pelas atividades, e a própria medida de desempenho do sistema de transportes (que mede sua impedância ou a sua desutilidade). O resultado destas escolhas forma uma estrutura abstrata, nomeada de “linhas de desejo”

(6), que é composta pela quantificação dos fluxos desejados na rede, associando origens, destinos, modos de transporte e as rotas. A materialização dos resultados (7) acontece quando as linhas de desejo encontram as restrições para a sua total fruição impostas pela capacidade do sistema. Daí surge um estado de desequilíbrio (8) que pode ser observado na existência de congestionamentos, saturação do sistema, ou ociosidade de infraestrutura. A quantificação destes estados de desequilíbrio nos permite obter medidas de desempenho para o subsistema. Em geral, o desempenho dos transportes toma a forma de medidas de “custo generalizado” (9), que pode ser interpretado tanto como “desutilidade” (que pode ter um efeito de retroalimentação perceptível nas decisões de transporte); como “acessibilidade” (10) (que traduz as impedâncias do sistema de transportes em “inputs” para os demais subsistemas), ou pode ainda servir de entrada para transformações na própria rede de transportes ofertada (1).

Figura 12. Representação do funcionamento interno do subsistema de transportes.



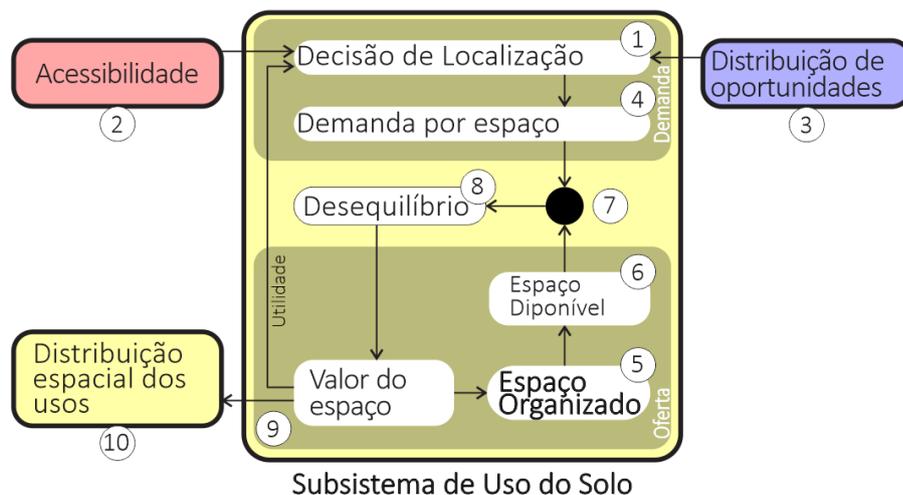
Fonte: Elaborada pelo autor

#### 4.3.2. Representando o Subsistema de Uso do Solo

O desenvolvimento da modelagem conceitual para o subsistema de uso do solo partiu da analogia com a modelagem tradicional do subsistema de transportes. No modelo proposto por Cascetta (Figura 11) este sistema é claramente dividido em duas partes complementares, uma representando a oferta e outra a demanda. A interação das duas partes resulta em um estado de desequilíbrio que pode ser utilizado como medida de desempenho do subsistema. Para a construção análoga do subsistema de uso do solo

precisamos definir o que significa oferta e demanda para este subsistema. Miller (2003), apesar de não descrever explicitamente o funcionamento interno dos subsistemas modelados, limitando-se a uma descrição agregada das relações de dependência, nos dá uma boa indicação de quais elementos participam deste funcionamento. Ele expressa a demanda do uso do solo como sendo relacionada a “processos locacionais”. Além disto, assumimos que a porção relativa à oferta do subsistema de uso do solo é prioritariamente composta por espaços localizados. Os modelos aqui revisados nos dão ainda dois elementos adicionais para que possamos melhor definir a oferta do sistema, ao introduzirem a ideia de espaço ocupável (o “*floorspace*” de Miller) e de espaços edificados (de Geurs e van Wee) como formas de se ofertar o espaço propício ao desenvolvimento do solo urbano. Com isto eles reconhecem a ideia de que tal espaço ofertado é diferente do espaço simplesmente físico, e reconhecem que este espaço passa por um processo de organização, baseado em questões sociais, culturais ou legais, sujeito a políticas públicas, contratos, etc. Verifica-se na Figura 13 a interpretação do subsistema de uso do solo

Figura 13. Representação do funcionamento interno do subsistema de uso do solo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Desde o início, reconhecemos a influência dos demais subsistemas nas decisões pertinentes ao sistema de uso do solo. As “decisões locacionais” (1), enquanto afetadas pela resistência ou impedância imposta pela rede de transportes, normalmente associada aos seus níveis de “acessibilidade” (2) e motivado pelos desejos e necessidades na forma da “distribuição das oportunidades” garantidas pelas atividades (3), dá origem a “demandas por espaço” (4) que se materializam distribuídas ao longo do território. A

oferta do sistema de uso do solo é composta por “espaço organizado” (5) que apresenta um grau de “disponibilidade” (6) quantificável. A interação (7) entre demanda por localizações e oferta de espaço organizado resulta em um desequilíbrio (déficit ou superávit) (8) do qual podemos interpretar uma medida de desempenho do subsistema, em termos de “valor do espaço localizado” (9). O mercado interpreta estes valores em termos de preço. Podemos ainda interpretar estes valores em termos de “medidas de utilidade”, que é capaz de interferir nas próprias “decisões locacionais”. Finalmente, este valor do espaço determina a “distribuição espacial dos usos” (10) ao longo do território.

Este subsistema de uso do solo, interage com os demais subsistemas, como bem sugerido pelo modelo “*a priori*” (Figura 7). Os resultados, ou saídas de cada modelo (interpretados por nós como medidas de impacto), servem como dados de entrada que influenciam as decisões de cada subsistema. A seguir, levantamos a discussão sobre a modelagem do funcionamento interno do subsistema de atividades.

#### **4.3.3. Representando o Subsistema de Atividades**

Atualmente, a literatura especializada aponta para uma tendência de a modelagem integrada evoluir na direção da modelagem baseada em atividades (KITAMURA, 1996; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011; MILLER *et al.*, 1998; WEGENER e FÜRST, 1999). Em outro trabalho Arentze e Timmermans (2009) afirmam que as atividades são movidas por necessidades ainda mais básicas que os próprios desejos pelas atividades, e que podem ser quantificadas através de medidas de utilidade e desutilidade. A exemplo disto, podemos ilustrar que a demanda pela atividade “fazer compras” é primariamente endereçada a satisfazer uma necessidade de “reestabelecer o estoque de bens de necessidade diária/não-diária”, ou ainda a atividade “visitar amigos” serve para “satisfazer necessidades de sociabilização”, entre outros possíveis casos. Cada atividade contemplada tem como efeito primário a satisfação de uma necessidade básica que foi a geratriz da ação, mas que ao mesmo tempo pode apresentar efeitos colaterais. Estes efeitos podem ser o estopim de onde novos desejos e necessidades pode surgir. A princípio assumimos que estes “desejos e necessidades básicos” encontram-se fora do sistema dinâmico de oferta e demanda das atividades, necessitando de uma modelagem



engajar. Estas decisões também são influenciadas pelas restrições impostas pela “distribuição espacial dos usos” (3) no território, e pelas impedâncias dos transportes, na forma de medidas de “acessibilidade” (4). Estas decisões por atividades dão origem a “volumes de demandas por insumos” (5), que seriam uma quantificação de quanto de insumos (matéria prima básica, seja ela “recursos naturais”, “serviços e produtos”, ou mesmo “mão de obra”) cada ator do sistema (indivíduos e/ou entidades) requisita dos demais atores. Ao mesmo tempo, o subsistema apresenta uma “produção de insumos” (6), provenientes dos diversos setores socioeconômicos disponíveis (DE LA BARRA, 1989); indústrias produzem insumos brutos, comércios produzem serviços e produtos finais, e residências produzem mão de obra e consumidores. Esta entrada da produção tem um limite que pode ser quantificado. Chamamos este limite de “capacidade produtiva” (7). A interação (8) entre demanda de insumos e a capacidade produtiva do sistema resulta em um desequilíbrio (déficit ou superávit) (9) do qual podemos extrair uma medida de desempenho do subsistema. Este desempenho é interpretado como uma medida de “valoração das relações” (10) (medida de utilidade ou desutilidade da atividade em questão). Esta medida pode ter efeitos na “decisão por atividades” (2); influenciar a própria oferta de atividades (6), ou ainda ser interpretado como uma medida restritiva para as demais decisões a serem tomadas em outros subsistemas, chamada aqui de “distribuição das oportunidades” (11).

#### **4.4. Proposta de Modelo ALUTI**

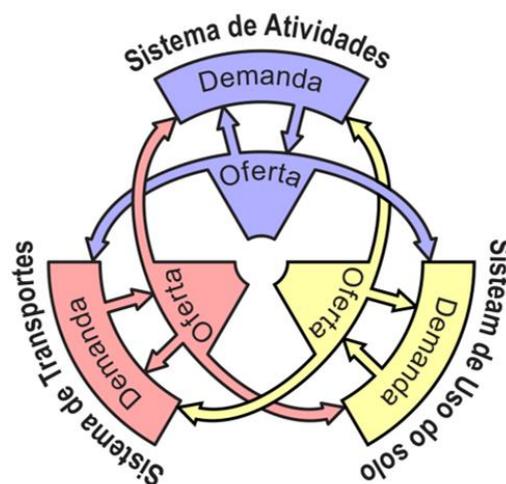
A construção do modelo conceitual ALUTI segue duas etapas. Na primeira atualizamos a representação do modelo “*a priori*” para que as interações (dentro e entre subsistemas), ilustradas pelas setas, se tornem mais explícitas. Na segunda pretendemos elaborar um modelo único que incorpore os modelos individuais de cada subsistema.

##### **4.4.1. Elaboração do Modelo “A Priori”**

A partir da interpretação de como os modelos reconhecem as interações entre os elementos componentes do sistema ALUTI, sentimos a necessidade de ilustrar de que maneira as medidas de impacto se configuram. As medidas de impacto são aquelas ilustradas pelas setas que conectam um subsistema com os outros, sendo possível

observá-las na Figura 7 de maneira mais simplificada, e na Figura 15, já incorporando os ciclos interativos de maneira mais complexa.

Figura 15. Modelo ALUTI conceitual simplificado, baseado no modelo “*a priori*”



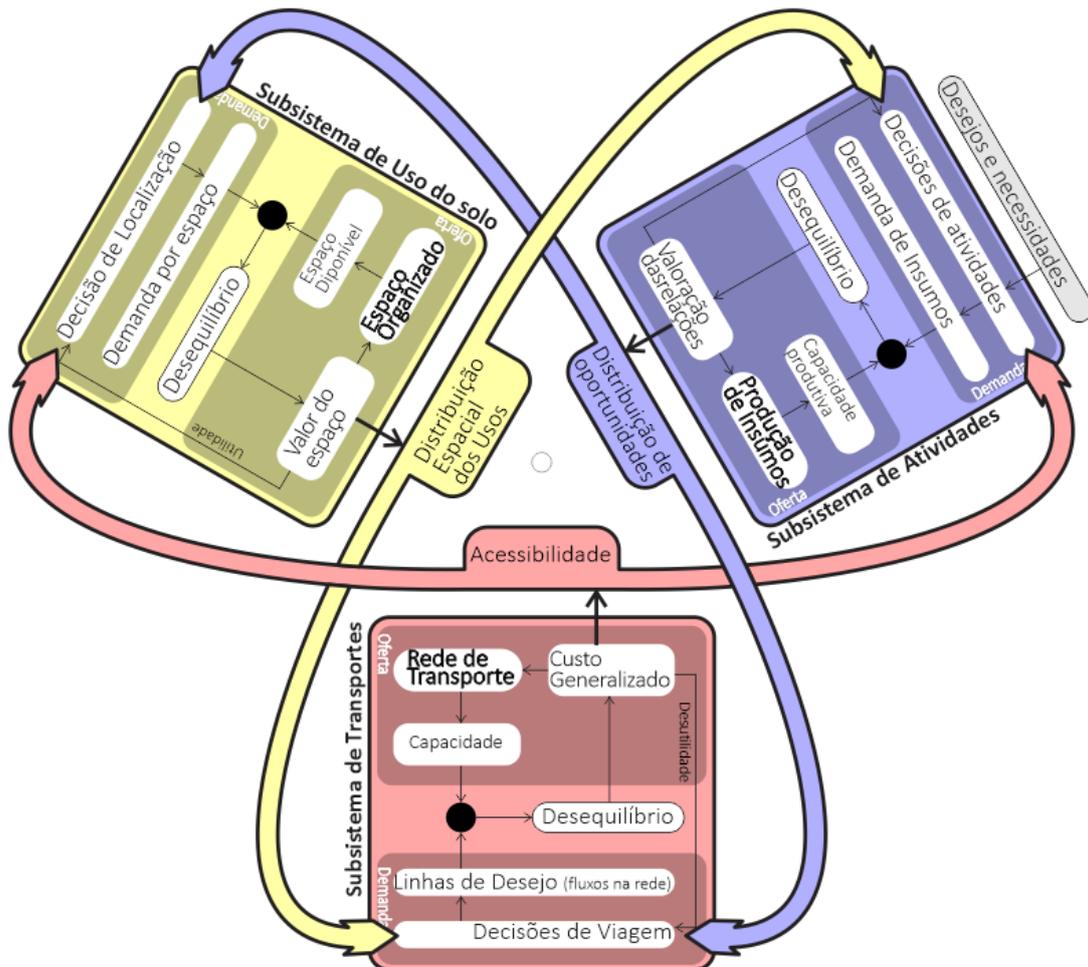
Fonte: Elaborado pelo autor

Uma constatação quanto ao modo como os modelos existentes tratam a interação entre uso do solo e transportes, é de que o papel da oferta do uso do solo fica relegado a uma participação (seu papel como influenciador das decisões pertinentes aos demais subsistemas) menos importante. Isto fica evidente na modelagem de Cascetta (2009) (Figura 11), em que o uso do solo é descrito de maneira muito mais simplificada. Na nossa proposta, as medidas de impacto entre subsistemas se dão através da relação direta entre a oferta de um subsistema e a demanda dos demais. Em outras palavras, a partir da medida de desempenho de um subsistema tentamos reconhecer efeitos nas decisões referentes aos demais subsistemas. Desempenho é resultante do funcionamento interno de cada subsistema, podendo ser entendido como a medida de como o suprimento de infraestrutura e operação [oferta de um subsistema] supre adequada e/ou suficientemente a demanda emanada pelos diversos atores. Um bom exemplo para esta medida de desempenho é a avaliação do nível de serviço de sistemas de transporte, por exemplo, de uma autoestrada (RYUS *et al.*, 2011). Apesar de geralmente associada à parcela referente à oferta do subsistema, o desempenho é normalmente medido através de uma avaliação da relação interna entre oferta e demanda. Assumimos, portanto, que alterações no desempenho de um subsistema tem um potencial efeito nas decisões a serem tomadas dentro dos demais subsistemas.

#### 4.4.2. Proposta de Modelagem Conceitual

Na segunda etapa da modelagem ALUTI, tentamos incorporar ao modelo a interpretação das relações internas. Construímos uma modelagem do sistema ALUTI (Figura 16) adotando as representações construídas para cada um dos subsistemas sob estudo, ilustrados nas Figuras 12, 13 e 14. O modelo enfatiza a utilização dos indicadores de impacto (entre subsistemas) de cada um dos subsistemas (a citar: “acessibilidade” para os transportes; “distribuição espacial” para o uso do solo e “participação em atividades” para o sistema de atividades), e seus efeitos mútuos sobre as decisões (como se deslocar, onde se localizar e em que atividades participar) pertinentes aos demais subsistemas.

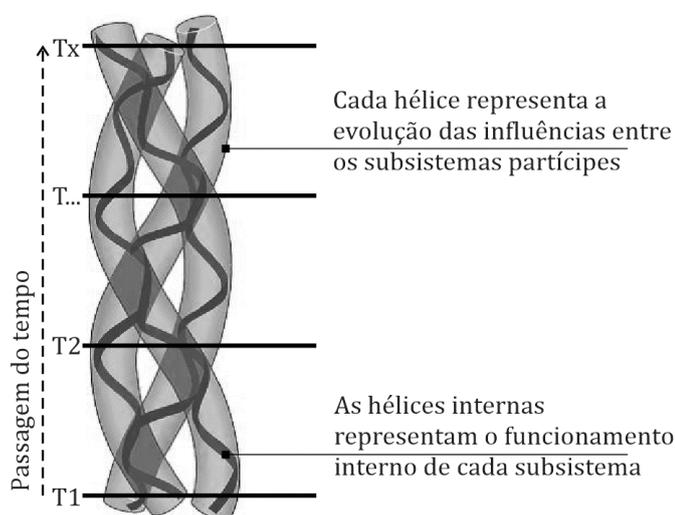
Figura 16. Proposta de modelo ALUTI (acrónimo em inglês dos termos “Activity, Land Use and Transport Interaction”).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Importante destacar que a modelagem proposta para o sistema ALUTI, assim como qualquer modelagem, configura-se uma representação simplificação do modo como o fenômeno real efetivamente acontece. Sendo assim, evidenciamos três limitações importantes do modelo. A primeira é que sua condição de retroalimentação não está explicitamente expressa no fluxograma da Figura 16. No modelo, os “*outputs*” de cada um dos subsistemas modelados são conectados diretamente aos demais subsistemas, que apresentam um canal de retroalimentação, formando um ciclo. Esta representação pode gerar confusão em relação à condição de dinamicidade dos subsistemas ao longo do tempo. Presume-se que na realidade, uma vez influenciados pelos aspectos advindos dos demais subsistemas, um subsistema qualquer se transforma, deixando de ser ou de ter as características anteriores à influência externa, o que acaba por alterar o seu “*output*”. Deste modo, seria mais correto representar o modelo em uma espécie de helicoidal tripla (Figura 17), em que cada “camada” da espiral representa um corte temporal. Os produtos desta fatia de tempo influenciam os demais subsistemas em um tempo posterior ao inicial.

Figura 17. Exemplo de helicoidal tripla. O modelo presume que os “*outputs*” de cada subsistema (tempo 1), alimentam os demais subsistemas em um tempo subsequente.



Fonte: Adaptada de (<http://www.quia.com/jg/1165527list.html>)

Complementarmente à ideia da helicoidal tripla, destacamos que a condição temporal de cada um dos subsistemas pode ser entendida de maneira distinta. Reconhecemos o papel importante prestado pela cronologia nas relações de dependência entre os subsistemas (da Figura 17, mudanças em T1, que geram efeitos em T2, que geram

efeitos em T3, etc.), entretanto, assumimos que as velocidades de transformação das condições de oferta e demanda são diferentes para cada um dos subsistemas. Estas transformações são contínuas, mas, se pudéssemos discretizar estes processos (nos vários ciclos decisórios de cada subsistema), veríamos que as unidades de transformação associadas aos três subsistemas ocorrem em tempos distintos, alimentam e são alimentados em ritmos diferentes, para cada tipo de relação. Segundo a literatura (WEGENER e FÜRST, 1999) poderíamos distinguir alguns processos que apresentam velocidades de transformação distintas. São eles, as mudanças infraestruturais (redes de transporte, padrões construtivos do solo urbano) que mudam muito lentamente, mudanças nas ocupações do espaço construído (residências, pontos comerciais, etc.) que são lentos, relações de empregabilidade, padrões populacionais especializados que podem mudar mais rapidamente, e as transformações dos transportes de bens e de pessoas e suas condições de funcionamento (congestionamentos ou mudanças de demanda por deslocamentos) que são os mais rápidos processos, transformando-se quase de imediato.

Uma segunda limitação é que este modelo não reconhece influências diretas dos diversos subsistemas sobre as decisões de oferta. Isto significa que decisões de alteração na oferta da rede de transportes são exclusivamente influenciadas pelos resultados das relações de desequilíbrio internos do subsistema de transportes. Não temos indícios para crer que a interpretação da influência indireta seja insuficiente, já que as influências que recaem sobre as decisões de oferta são advindas da interpretação de desempenho do subsistema em foco. Este desempenho, dentro da modelagem proposta, é resultado direto dos desequilíbrios oferta/demanda, onde a demanda é diretamente afetada pelas relações complexas entre subsistemas.

A última limitação da representação é referente à utilização do termo acessibilidade para designar a medida de desempenho, ou “*output*” do subsistema de transportes. Acreditamos em um significado mais amplo do termo, onde podem ser incorporados os valores referentes ao desempenho dos demais subsistemas. Por motivos de comunicação continuaremos utilizando o termo acessibilidade no modelo, seguindo a terminologia da literatura especializada, que associa acessibilidade mais diretamente ao desempenho do subsistema de transportes, entretanto um novo entendimento será introduzido. As questões relativas a medidas de acessibilidade serão tema de discussão mais aprofundada, a ser desenvolvida na seção subsequente deste documento.

#### **4.4.3. As Inter-Relações entre os Subsistemas**

O reconhecimento das relações entre as partes componentes do sistema, apresentadas nas seções deste capítulo, serve de ponto de partida para que planejadores possam entender e (se necessário) quantificar quanto um subsistema interfere nos demais. Com este intuito, pretendemos reconhecer quão explicativos são os indicadores de desempenho de um subsistema das decisões tomadas nos demais. Em geral, planejadores quantificam os componentes de modelos e suas relações através de indicadores. Em nosso modelo conceitual, assim como no modelo “*a priori*”, apontamos a existência de pelo menos duas categorias de indicadores, uma interna e outra externa aos subsistemas. Os indicadores internos compreendem todas aquelas medidas relativas à quantificação dos componentes formadores dos subsistemas e que nos permitem representar o funcionamento interno destes e nos levam a entender o sistema em termos de desempenho, ou seja, de quão bem o sistema desempenha as funções esperadas. Os indicadores externos funcionam como pontes entre os subsistemas, que nos ajudaram a entender certas características restritivas destes subsistemas e como eles potencialmente influenciam as decisões tomadas nos demais subsistemas.

É amplamente reconhecida na literatura uma especial importância dada às medidas de acessibilidade como indicador de integração entre os subsistemas urbanos, principalmente o uso do solo e os transportes (CURTIS e SCHEURER, 2010; GEURS e VAN ECK, 2001; VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013). Tendo em vista esta literatura, poderíamos descrever que o pensamento sobre acessibilidade vem evoluindo para além da simples constatação de desempenho do sistema de transportes, adotando uma abordagem que se pode dizer comparativa, ou relacional entre subsistemas distintos (LEVINE e GRAB, 2002; GEURS e VAN WEE, 2004b). Em sua classificação sobre acessibilidade, Geurs e Van Wee (2004b) apontam para pelo menos quatro componentes distintas do conceito de acessibilidade. (1) Componente de transportes - que expressa a desutilidade para os indivíduos (ou carga) de vencer as distâncias entre origens e destinos por modos específicos de transporte; (2) Componente de uso do solo - referente à distribuição espacial das oportunidades oferecidas, (3) Componente individual - que compreende as habilidades, necessidades e oportunidades (dependendo de renda, faixa etária, gênero, nível educacional, etc.) dos indivíduos envolvidos e (4) Componente

temporal - que reflete as limitações e disponibilidades das oportunidades em diferentes horas do dia; dias da semana, épocas do ano, etc. Estas componentes servem de parâmetro para a operacionalização das medidas de acessibilidade. Idealmente, qualquer medida de acessibilidade deveria compreender todas as componentes, mas na prática verifica-se que tais medidas podem compreender um ou mais dos componentes.

Esta definição de componentes da acessibilidade corrobora a ideia representada no modelo ALUTI de que os seus indicadores de impacto (que formam as pontes ou as interfaces entre os subsistemas) funcionam de maneira geral como medidas de restrição (limitações para as decisões serem tomadas), que a literatura costumeiramente se refere como acessibilidade. Segundo Bhat et al. (2000), acessibilidade é uma medida de dificuldade que os indivíduos enfrentam ao buscarem por uma atividade desejada (preferida), em uma localização específica, através de um modo de transporte específico, em algum tempo. Deste modo, os elementos “acessibilidade” (do subsistema de transportes), “distribuição de usos” (do subsistema de uso do solo) e “distribuição de oportunidades” (do subsistema de atividades), vide Figura 16, são interpretadas como medidas complementares de acessibilidade (restrições) para todo o sistema.

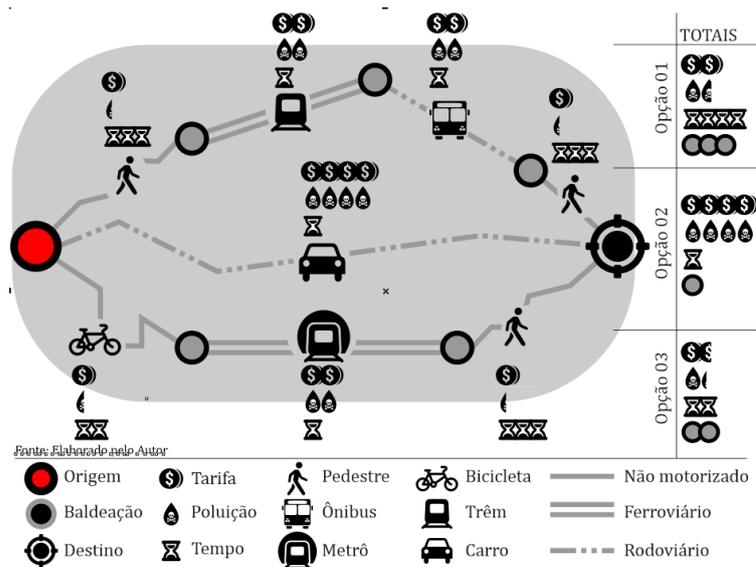
#### *4.4.3.1. Subsistema de Transportes – Acessibilidade*

O conceito de acessibilidade provê uma estrutura básica para o entendimento das relações recíprocas entre os subsistemas do sistema ALUTI. O termo “acessibilidade” utilizado nas Figuras 12 e 16, limitam-se a componente de oferta, e às medidas baseadas em infraestrutura. Este conceito é apenas uma parte da noção mais ampla de acessibilidade apresentada por Geurs e van Wee (2004). Dentro da modelagem ALUTI proposta, reconhece-se na interpretação de medidas de acessibilidade o principal elemento de interação entre o subsistema de transportes e os demais subsistemas. Em uma visão limitada à interpretação da mobilidade, este elemento constitui um indicador do desempenho exclusivo do subsistema de transportes. Quando usado como indicador de interação, a acessibilidade nos permite avaliar a importância do impacto do sistema de transportes em decisões referentes à participação em atividades e às localizações.

A partir da classificação apresentada na literatura (GEURS e VAN WEE, 2004b; VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013), estas medidas de acessibilidade seriam classificadas como acessibilidade infraestrutural, que é geralmente aplicada como ferramenta comparativa entre infraestruturas ofertadas; utilizada para medir quão bem o sistema facilita ou dificulta os deslocamento entre origem e destino, ou ainda como cada nó da rede de transportes (pontos centrais de importância) se conecta aos nós adjacentes. Estas **medidas de acessibilidade baseadas em infraestrutura**, permitem a quantificação do desempenho dos transportes através de avaliações de um custo generalizado (Figura 18). Esta quantificação, que por fim, funciona como uma medida de utilidade (técnica tomada emprestada da economia) ao tentar relacionar como cada aspecto dos transportes potencialmente influencia as decisões de deslocamento (ex.: deslocar-se ou não, por que rotas, através de que modo de transporte, etc.).

Reconhecemos a possibilidade de vários indicadores servirem como medidas de acessibilidade infraestrutural, e deveriam nos permitir quantificar o desempenho do sistema de transportes. Tanto altos quanto baixos níveis de desempenho são associados a efeitos e/ou influências nas decisões tomadas dentro dos subsistemas de uso do solo (ex.: na hora de se escolher a localização de uma nova ocupação) e de atividades (ex.: escolher usufruir ou não de certas interações socioeconômicas).

Figura 18. Ilustração da acessibilidade infraestrutural, (subsistema de transportes).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Seu foco recai com mais importância sobre a avaliação da oferta do subsistema de transportes, mas não exclusivamente a este. Como mostra a Figura 16, tal medida depende somente do funcionamento interno do subsistema de transportes (resultantes de suas características de oferta e de demanda). Pode-se dizer que esta é o indicador de acessibilidade mais compreensível e fácil de medir, mas não deixa de ser parcial (BHAT *et al.*, 2000)

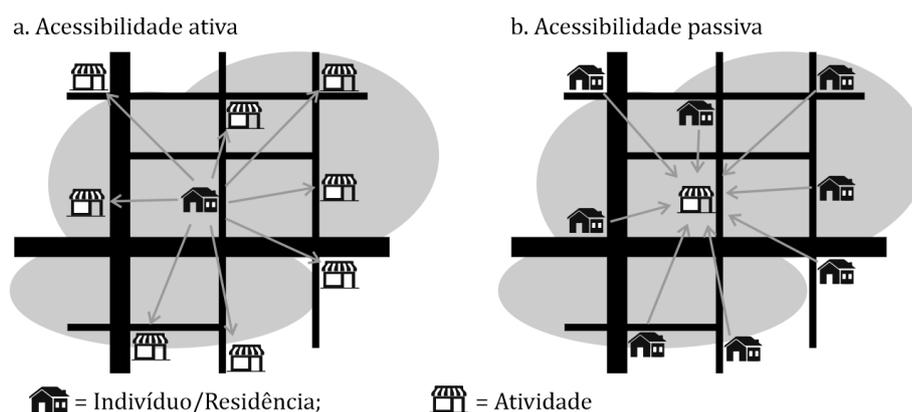
#### 4.4.3.2. Subsistema de Uso do Solo - Distribuição dos usos

De um modo similar às medidas de acessibilidade infraestrutural (formada exclusivamente pela sua componente de transporte) o indicador de “distribuição espacial dos usos” (presente no modelo ALUTI proposto) funciona como uma descrição do desempenho do subsistema de uso do solo. Em relação a este subsistema de uso do solo, reconhece-se na literatura a interpretação da acessibilidade locacional (VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013), que é relativa à distribuição de usos no espaço. A interpretação de uma acessibilidade ligada aos padrões de ocupação do território está intimamente associada a medidas de distâncias a serem percorridas (posicionamentos relativos entre localizações distintas no território), e também a aspectos de densidade e variedade de atividades da ocupação do território, interpretada por alguns autores como o “mix de usos” (JACOBS, 1961; FRANK e PIVO, 1994; VAN WEE e MAAT, 2003). Interpretar **acessibilidade a partir de medidas baseadas em localizações** nos permite reconhecer efeitos mútuos entre decisões locais que envolvam interferência no sistema construído (através do desenvolvimento do território urbano) e as decisões sobre transporte e sobre relações socioeconômicas.

Segundo Coppola e Nuzzolo (2011) “*mudanças de acessibilidade entre zonas de áreas metropolitanas podem ter impactos significantes nos padrões de uso do solo, particularmente na distribuição espacial da população e atividades econômicas*”. Reconhecer que os efeitos espaciais (padrões de uso do solo) são distintos para pessoas e para atividades, significa que estes dois elementos devem ser entendidos como capazes de responder distintamente a estímulos externos, sendo, portanto, entidades separadas dentro do sistema. Desta percepção, reforçamos pelo menos dois pontos de vista para a interpretação da acessibilidade locacional, um referente às posições relativas entre os

usos, e outro à intensidade dos níveis de ocupação dos espaços. O primeiro apresenta duas perspectivas; o da população, indivíduos e/ou base familiar, e outro a partir das atividades econômicas (ex.: comércios, serviços, etc.). Corroborando esta ideia, a literatura recente (CASCETTA, 2009; COPPOLA e NUZZOLO, 2011; VAN WEE, ANNEMA e BANISTER, 2013) trata de medidas de acessibilidade ativa (Figura 19.a), que é o potencial de os indivíduos (atores, geralmente representados em base domiciliar, ou residências) alcançarem outros pontos no espaço a partir de uma dada localização; e também da dita acessibilidade passiva (Figura 19.b), que designa o potencial de uma dada localização ser alcançada a partir de outros pontos no espaço (ideias bastante associadas às localizações relativas entre usos).

Figura 19. Percepção de acessibilidade do ponto de vista dos indivíduos, agentes ativos do sistema (acessibilidade ativa) e das atividades econômicas (acessibilidade passiva).

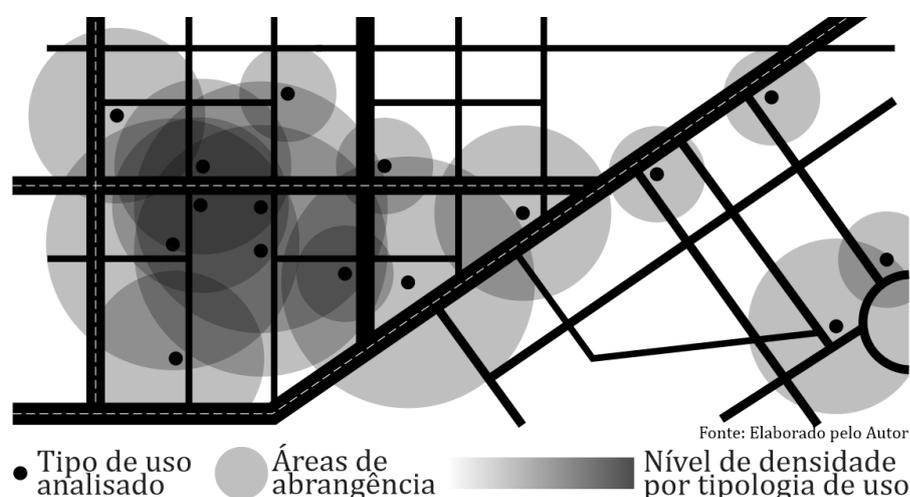


Fonte: Elaborada pelo autor.

Fora esta interpretação, podemos assumir que o nível de acessibilidade locacional pode ser também medido por sua densidade, ou nível de intensidade da ocupação do espaço. Segundo Cervero e Kockleman (1997), outros dois aspectos do ambiente urbano (a diversidade e o desenho) surgem ao lado da medida de densidade como indicadores explicativos do comportamento de viajantes (FRANK e PIVO, 1994; GORDON, 1997; NEWMAN e KENWORTHY, 1996; STEAD, 2001). Assumimos que estes mesmos aspectos, que refletem as características morfológicas do espaço (Densidade é a intensidade de usos, diversidade é a variedade dos usos e desenho é a qualidade da forma do espaço), possam também explicar (mesmo que parcialmente) decisões quanto a decisões envolvendo as relações socioeconômicas (próprias do subsistema de atividades).

Maiores níveis de densidade urbana são corriqueiramente associados a padrões diferenciados de mobilidade (KLINGER, KENWORTHY e LANZENDORF, 2013), e apontam para qualidades urbanas tais como, maiores índices de transportes não motorizados e coletivos, menor consumo energético relacionado a transportes (NEWMAN e KENWORTHY, 1996), bem como a percepção de menor custo generalizado, na forma de percursos menores e mais rápidos (Figura 20).

Figura 20. Ilustração da medida de densidade de usos. Um dos indicadores associados às medidas de acessibilidade locacional, próprias do sistema de uso do solo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estes dois pontos de vista, do entendimento da acessibilidade locacional (das posições relativas entre os usos, e da intensidade dos níveis de ocupação do espaço), devem se refletir nos padrões de espacialização do uso do solo e conseqüentemente influenciar o comportamento dos atores, funcionando como um conjunto de restrições espaciais que afetam suas decisões dentro do sistema.

#### 4.4.3.3. Subsistema de Atividade – Distribuição de oportunidades

Uma visão amplamente difundida na literatura (DEMONTIS e REGGIANI, 2012) aponta para a interpretação da acessibilidade como sendo oportunidades potenciais, alcançáveis a partir de um dado ponto no espaço, mensurável por um custo generalizado. Macário (2012), entretanto, identifica esta visão como uma interpretação

de acessibilidade a partir do ponto de vista estritamente econômico, assumindo costumeiramente a forma de tempo e/ou dinheiro. A interpretação de acessibilidade simplesmente como custo limita sua interpretação como indicador que relaciona características sociais (renda, empregabilidade, direitos sociais, etc.) e decisões políticas (normalmente em forma de investimento público). A autora constrói dois argumentos que para o entendimento das relações sociais acarretadas por este aspecto do fenômeno urbano e a sua lógica de formação. O primeiro relaciona renda (desenvolvimento econômico) e tempos de deslocamentos, quando afirma que crescimento da renda não significa maiores níveis de acessibilidade. Maiores desdobramentos deste trabalho (CROZET, 2009) apontam para correlações positivas entre aumento da renda, posse de automóveis e maiores gastos de tempo (ou distâncias) com deslocamentos (o que pode ainda ser correlacionado com impactos na produtividade da cidade). O segundo argumento apresenta que, apesar de os modelos tradicionais de transporte assumirem que viajantes tentam minimizar seus custos generalizados (tempo e dinheiro) (CASSETTA, 2009; ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011) esta economia também engloba outros aspectos, e que na realidade o que acontece é um “*trade off*”, ou permuta, entre maiores custos com transporte e menores custos com outras escolhas, tais como onde se localizar (em relação ao subsistema de uso do solo), ou participar ou não de atividades disponíveis (para o subsistema de atividades).

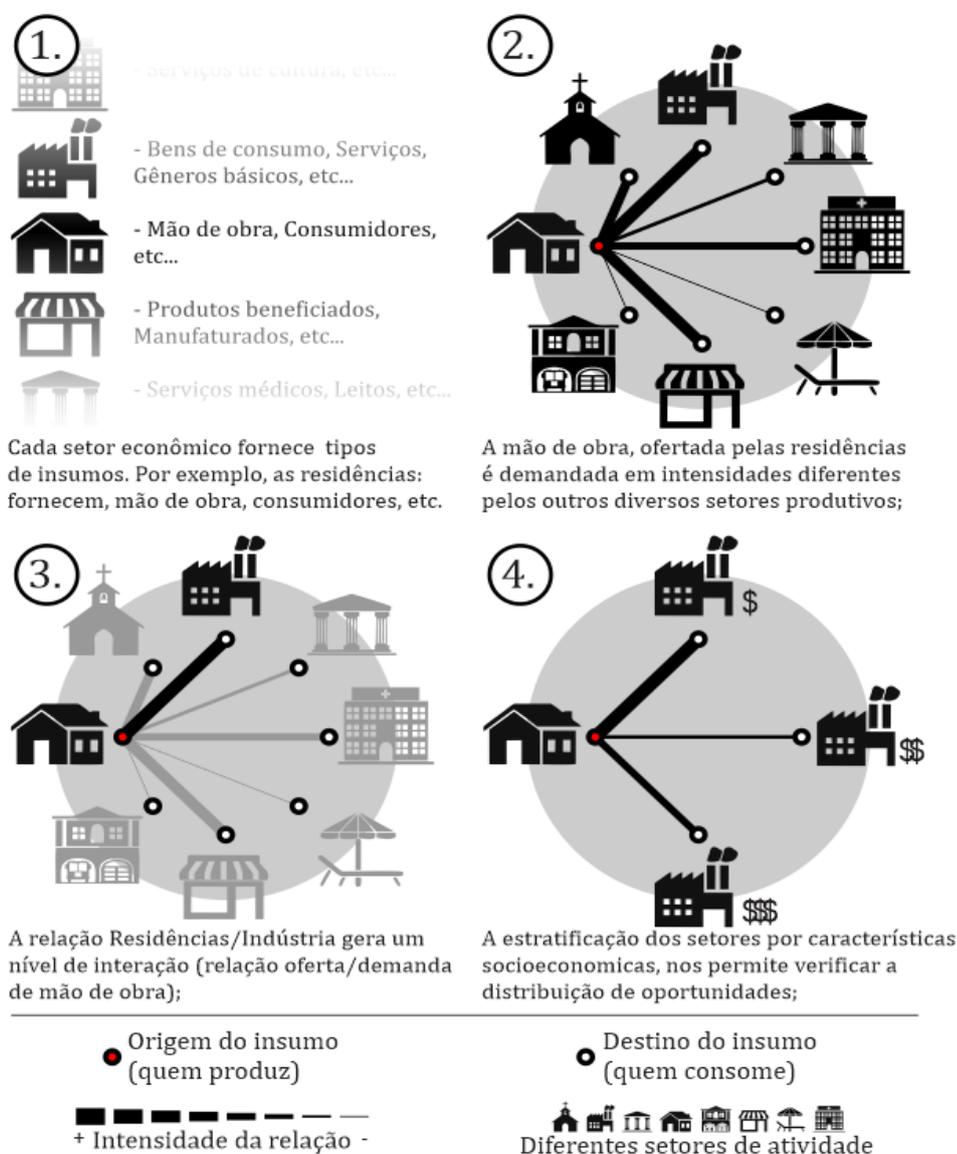
Estas visões nos permitem assumir que a lógica da acessibilidade vai além das questões de transporte (nível de serviço da infraestrutura) e localizações (localizações relativas e densidades de usos no território). Podemos identificar na medida de desempenho do subsistema de atividades, representado pelo elemento do modelo chamado de “distribuição de oportunidades”, um caminho para reconhecermos os efeitos deste subsistema sobre as decisões próprias dos demais. As oportunidades associam-se às componentes individual (ex.: características socioeconômicas dos atores (STEAD, 2001) e temporal (referente às limitações de tempo diárias e sazonais destes mesmos atores e das atividades), descritas por Geurs e Van Eck (2001). Além disso, uma interpretação focada em indicadores nos levaria a reconhecer a correlação das “distribuições de oportunidades” e medidas de acessibilidade baseadas em pessoas, sugerida por Van Wee, Annema e Banister (2013). O indicador baseado em pessoas, que significa uma análise individualizada por ator, tenta esclarecer as limitações individuais

de participação em atividades, dado um certo tempo; ou ainda do nível de liberdade de ação no ambiente, regidos por orçamentos, tempo livre, obrigações sociais, etc.

Resumidamente, identificamos pelo menos duas interpretações para as medidas de acessibilidade derivadas das medidas de desempenho do sistema de atividades, ou de “distribuição de oportunidades”. Primeiro, a percepção individual dos desejos e necessidades, organizados em termos de encadeamentos de escolhas (limitadas por características sociais, econômicas e culturais) de participação em atividade, toma a forma de cronogramas pessoais, ou agendas. Em última instância estes cronogramas se materializam na efetiva participação destes indivíduos em atividades. A análise das distribuições de que atores participam destas atividades (segundo seus dados socioeconômicos de renda, idade, gênero, etc.) nos permitiria derivar uma medida de desempenho do sistema. Esta abordagem exige um grau de desagregação na coleta e análise de dados que parece, à primeira vista, ser um impeditivo. A segunda interpretação, é definida pela avaliação direta das relações sociais e econômicas (qualificadas e quantificadas) entre setores distintos de atividades (ilustrado na Figura 21).

Nesta abordagem simplifica-se o processo através da maior agregação de dados (insumos produzidos e/ou consumidos), que passa a ser relativo a cada setor socioeconômico, dividido por tipos de atividade (ex.: comercial, industrial, residencial institucional, extrativistas, etc.). Quantificam-se as relações de produção e consumo dos insumos entre setores de forma não espacializada, com o foco centrado nas relações socioeconômicas. Cada relação entre dois setores apresenta graus, ou níveis de interação diferentes (ex.: enquanto o comércio fornece pão, entre outros produtos, que será demandado pelos demais setores em diferentes níveis de intensidades, este mesmo comércio demanda vários insumos fornecidos pelos demais setores, tais como mão de obra [das residências], matérias primas [da indústria], energia elétrica [das usinas], segurança [das prestadoras de serviço], etc.). A estratificação de cada setor produtivo segundo certas características socioeconômicas nos permitiria avaliar a distribuição das oportunidades (ex.: o fornecimento de mão de obra de baixos, médios e altos salários, provenientes da segregação do setor residencial, relaciona-se com os demais setores em diferentes níveis de intensidade). A interpretação dos desequilíbrios entre as ofertas e demandas dos diversos insumos dos diversos setores econômicos e sociais, e suas estratificações, nos permitiria reconhecer as distribuições das oportunidades, que podem ser interpretadas como medida de desempenho do subsistema de atividades.

Figura 21. Ilustração das relações socioeconômicas entre distintos setores de atividade.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As duas abordagens listadas acima reconhecem pelo menos duas escalas em níveis de agregação diferentes (desejos e necessidades de indivíduos e de setores socioeconômicos). Enquanto na escala do setor socioeconômico podemos identificar potenciais decisões quanto a que tipos de outros setores se associar, na escala do indivíduo é possível identificar as potenciais decisões sobre em que atividades se engajar, tanto entre setores (ex.: Decidir entre divertir-se à praia ou trabalhar no escritório) quanto dentro de cada setor específico (ex.: Decidir dentre as padarias, em qual delas comprar o pão desejado).

#### ***4.4.4. O Indivíduo (Ator) Dentro do Modelo ALUTI***

A proposta de modelo apresentada até aqui evidencia a importância dos subsistemas como principais elementos da modelagem. Estes subsistemas pretendem representar, de maneira estratificada, um conjunto de decisões que são influenciadas por relações internas dos elementos constituintes de cada subsistema, que funcionam dentro de uma lógica microeconômica, baseada nas relações desequilibradas de oferta e demanda. Pretende, ainda, representar como as influências dos “outputs” de cada subsistema têm seus efeitos transpostos para os demais subsistemas, e explica isto através de medidas (indicadores) de impacto entre subsistemas. Ao final desta explicação não é tão evidente em que momento os atores são representados na modelagem. Esta questão é de suma importância, mas ao mesmo tempo, torna-se óbvia sua explicação.

Acreditamos que esteja claro, dentro da modelagem, o papel de protagonismo de um tipo de atores, os usuários. Estes são aqueles indivíduos responsáveis pelo surgimento da demanda, de onde os desejos e as necessidades emanam, os quais tomam decisões que serão influenciadas pelos demais elementos do sistema. Podemos dizer que o usuário está principalmente representado dentro das porções relativas à demanda dos subsistemas sendo as suas escolhas influenciadas pelas medidas de impacto citadas.

Outros atores também estão presentes na modelagem. Podemos citar como mais importantes grupos de atores, os “provedores de infraestrutura e serviços” e os “governos”. Estes atores estão prioritariamente representados do lado da oferta do sistema. Reconhecemos neles a capacidade de alterar a oferta de espaço organizado, ou de infraestrutura do sistema de transportes, e ainda, algumas das funções podem ser entendidas (dentro de certos contextos políticos e econômicos) como exclusividade dos entes públicos, na figura do “governo”, tais como mudanças legais podem afetar diretamente a oferta do sistema ou mesmo as medidas de restrição (representadas pelos indicadores de impacto). Deste modo, é importante que entendamos a importância das relações entre o sistema modelado (composto pelos vários elementos descritos) e os usuários e suas características individuais.

#### 4.5. Comentários Finais

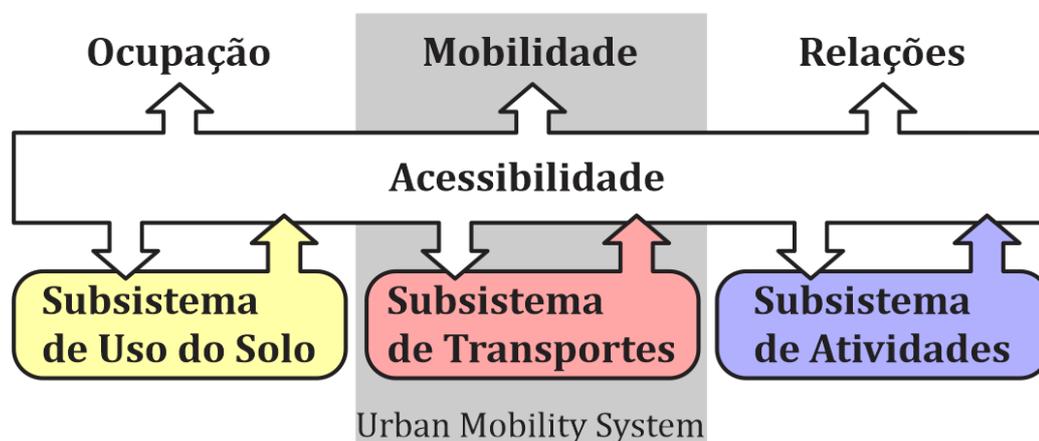
Para que esta modelagem se torne uma ferramenta útil ela precisa ter algumas características básicas. Além das características de representatividade (que ilustram abstratamente fenômenos e realidade de interesse); autonomia (uma vez que são constituídos por relações teóricas isoladas); conectividade (que conectam as teorias e os dados da realidade, como um meio de mediação, ou comunicação); heurística (por serem construções simplificadas, ou aproximações da realidade); os modelos ainda precisam garantir uma quinta característica, a sua instrumentalização (MORGAN e MORRISON, 1999). Modelos possuem sua função expressa pelo uso, uma vez que não são instrumentos passivos. Eles contribuem para o conhecimento e para as práticas de duas maneiras. Durante sua construção, o que permite a crítica e o questionamento da realidade. Esta contribuição está sendo o foco do esforço até aqui empreendido. A segunda contribuição ocorre durante a sua aplicação, em que as funcionalidades projetadas para o modelo adquirem fruição. Uma vez o modelo estando construído, nos parece lógico aproximá-lo da sua aplicação, que se dará através da inclusão deste instrumento no processo metodológico de planejamento das cidades, tratado no capítulo seguinte.

A aplicabilidade do modelo é resultante da nossa constatação de que é possível reconhecer três possíveis interpretações como contribuição desta proposta de modelo conceitual ALUTI. Primeiro, a possibilidade de melhor descrever os problemas dentro do processo de planejamento. Segundo, a definição das premissas de causalidade entre os elementos do sistema ALUTI. Terceiro, descrever os possíveis indicadores aplicáveis à avaliação destas relações. O processo de representação dos problemas pode tomar uma forma mais concreta, o que permitiria tanto a visualização destas relações causais (que até então eram somente hipóteses abstratas), quanto a caracterização destas mesmas relações na tentativa de ajudar o planejamento urbano a partir do ponto de vista da tomada de decisão. Conseqüentemente, duas necessidades surgem: A definição de “premissas de causalidade” (como ponto de partida para a definição de hipóteses, fundamentada em um ponto de vista lógico, e consideradas verdadeiras dentro das inferências conceituais sobre as relações de causa e efeito do fenômeno em estudo) bem como de indicadores (quantificações dos elementos do sistema e de suas relações) para servirem ao pesquisador/técnico como base para o entendimento, quantificação e validação dos problemas associados aos sistemas ALUTI. Continuamos a seguir com as discussões necessárias para a elaboração da aplicabilidade do modelo.

## 5. CONTRIBUIÇÕES DO MODELO ALUTI NO PLANEJAMENTO DA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE URBANAS

Este capítulo tem como foco discussões sobre a aplicação do modelo ALUTI dentro do planejamento da acessibilidade e mobilidade, que pode ser relacionado ao que Macário (2005) chama de UMS (*Urban Mobility System*, ou Sistema de Mobilidade Urbana, em tradução livre). O UMS trata do principal sistema conector dos subsistemas urbanos, com os quais constitui forte relação simbiótica (MACÁRIO, 2005), tendo ainda uma vital função de ofertar a fluidez dos deslocamentos de pessoas e cargas, garantindo o acesso a diferentes localizações na cidade, e, portanto, influenciando o desempenho das atividades urbanas (residir, trabalhar, lazer, comprar, etc.). A partir disto, o foco deste capítulo recai principalmente sobre o planejamento do UMS e seus aspectos principais, adotando um maior protagonismo dos transportes, mas sem descartar a importância dos demais subsistemas. A limitação da discussão é ilustrada na Figura 22. É através da interpretação da acessibilidade, como elemento de convergência dos esforços de planejamento, que viabilizamos uma abordagem complexa para o planejamento urbano. A mobilidade, que aparece nas discussões dos itens seguintes, atua como característica do subsistema em foco, da mesma forma que outras características (ex.: ocupação do solo, ou as relações socioeconômicas) teriam seu papel de importância dentro de outra abordagem, todas elas subordinadas à importância que a acessibilidade assume dentro do atual paradigma do planejamento.

Figura 22. Limitação do escopo da pesquisa ao Sistema Urbano de Mobilidade (UMS)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Pretendemos demonstrar a aplicabilidade do modelo ALUTI de modo a esclarecermos as potenciais contribuições reconhecidas no capítulo anterior. Desta maneira, podemos elencar os aspectos de importância para a nossa discussão como sendo a aplicação deste modelo: primeiro, dentro da evolução paradigmática do planejamento dos transportes, que passa pelo planejamento da mobilidade, até a incorporação de preceitos do planejamento da acessibilidade; segundo, na representação da problemática, através do levantamento de hipóteses de causalidade associadas a estes problemas; e terceiro, na caracterização e diagnóstico destes problemas, onde se pretende propor indicadores que nos facilitem a validação da problemática.

O capítulo é estruturado em três partes. O item 5.1. trata da demonstração da evolução paradigmática do planejamento, utilizando-se o modelo ALUTI proposto, sendo subdividido em itens que contemplam cronologicamente os paradigmas do planejamento dos transportes (5.1.1.), da mobilidade (5.1.2.), e da acessibilidade (5.1.3.). Em seguida, apresentamos uma discussão sobre a influência do paradigma do planejamento da acessibilidade para os outros subsistemas, de uso do solo e atividades (5.1.4.). Ainda neste item, tratamos dos princípios que norteiam tal planejamento (5.1.5.). No item 5.2. apresentamos uma discussão sobre a aplicação do modelo ALUTI na representação dos problemas identificados na fase estratégica do planejamento. Nesta busca pela representação da problemática, abrimos o escopo da pesquisa para além da avaliação do UMS, incorporando os problemas identificáveis em todos os subsistemas, e a partir do reconhecimento da acessibilidade como elemento aglutinador dos esforços. Este item pretende representar a problemática a partir de três pontos de vista distintos. Primeiro (5.2.1.), através da interpretação das etapas metodológicas do planejamento integrado; segundo (5.2.2.), a partir da interpretação dos princípios e valores norteadores do paradigma do planejamento da acessibilidade; e terceiro (5.2.3.), pela avaliação das categorias de restrições de acessibilidade referentes aos subsistemas envolvidos na modelagem ALUTI. As três abordagens devem nos dar uma visão mais ampla das relações causais importantes para o entendimento da problemática. A última parte do capítulo (5.3) tece comentários finais sobre as possibilidades de aplicação do modelo

## 5.1. Demonstração da Evolução Paradigmática do Planejamento no Modelo ALUTI

As últimas décadas de evolução do planejamento dos transportes apresentam mudanças contínuas no foco do planejamento. Segundo a literatura especializada (LEVINE e GRAB, 2002; HANDY, 2005; CURTIS, 2008; GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013; SOARES, 2014; DANTAS, 2015), estes esforços apresentam pelo menos três estágios de evolução. Iniciaram-se com o trato mais simplificado e unidisciplinar do **planejamento dos transportes**, uma visão mais clássica que se baseia no provimento de infraestrutura, serviços (incluindo a operação) e nos modos de transporte (MEYER e MILLER, 2001). Esta postura reflete a maior importância dada pelos esforços à porção referente à oferta do sistema de transportes e a garantia de sua efetividade. Em um segundo tipo de abordagem, identificado como **planejamento da mobilidade**, passou-se a verificar alguns pontos fracos da abordagem anterior, principalmente no que diz respeito aos princípios norteadores do planejamento. Percebeu-se a necessidade de enfatizar a importância dos indivíduos, usuários do sistema, em detrimento da infraestrutura, que serviria apenas de meio para alcançar melhorias (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013). A contribuição deste passo evolutivo está na percepção de que o trato do sistema deve focar mais na relação entre oferta e demanda (e os desequilíbrios desta relação) e menos no simples provimento de oferta. Esta abordagem comparativa, entre oferta e demanda, nos permite reconhecer algumas falhas do sistema relativas à justa distribuição das oportunidades, evidencia uma maior preocupação com os problemas identificados, e menos com a simples operacionalização de soluções preestabelecidas (VRIENS e HENDRIKS, in TIMMERMANS, 2005). Como último tipo de abordagem, apontamos para o paradigma do **planejamento da acessibilidade**. (BERTOLINI, LE CLERCQ e KAPOEN, 2005; HANDY, 2005; HULL, SILVA e BERTOLINI, 2012; GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013; SOARES, 2014). Este paradigma especifica a importância do planejamento integrado de uso do solo e transportes como um dos mais importantes pontos da evolução conceitual, ponto de partida importante para novas teorias e práticas, e traz para a discussão questões sobre transdisciplinaridade, complexidade e a utilização da sustentabilidade como item na pauta do planejamento urbano.

Uma nova abordagem conceitual, decorrente da evolução paradigmática do planejamento, exige uma aproximação com os esforços de modelagem do fenômeno de

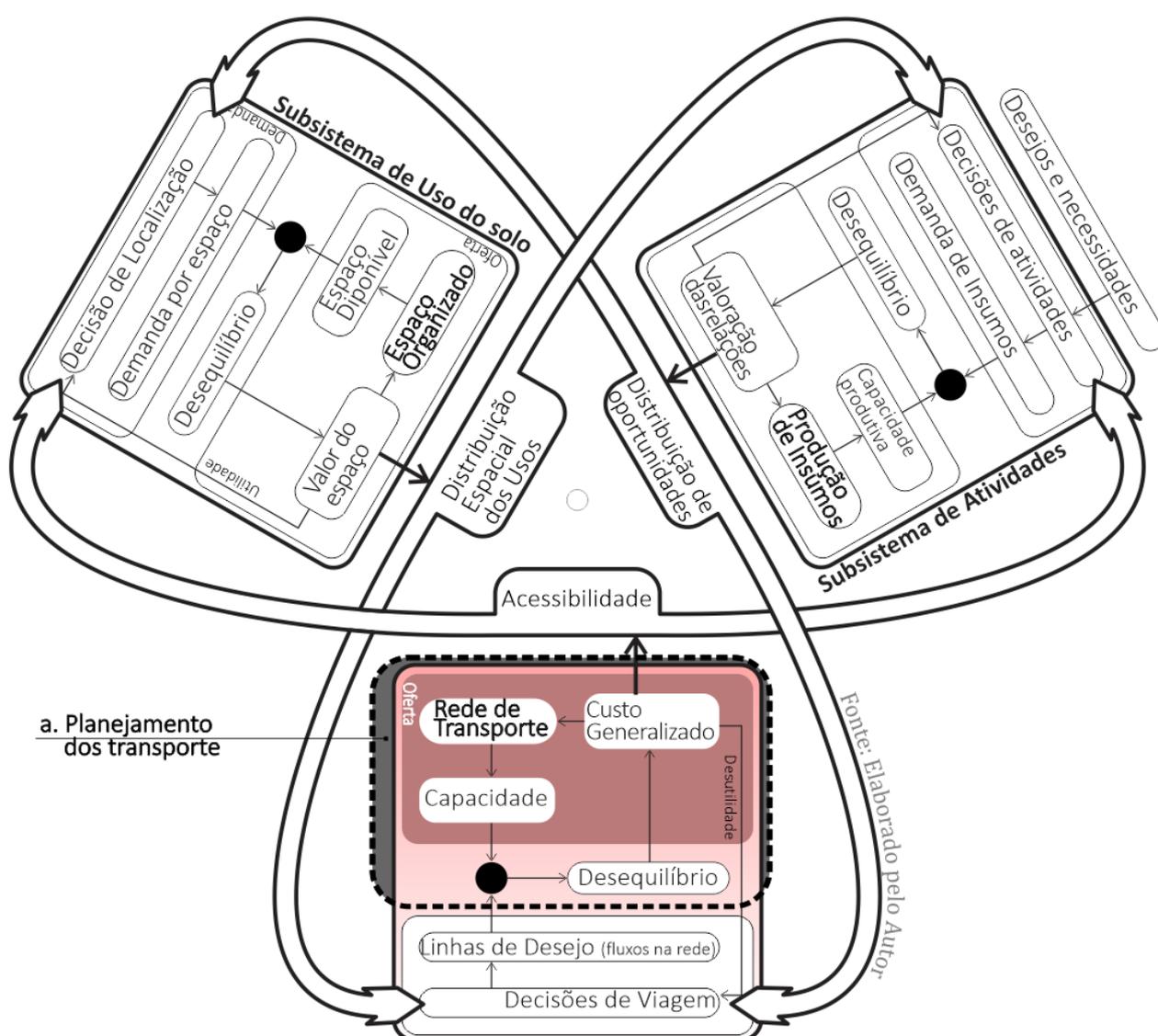
interesse. Esta aproximação, representada pelo modelo ALUTI, deve contemplar certos aspectos básicos impostos pelo novo paradigma, tal como a necessidade de relacionar sistemicamente os subsistemas de uso do solo, transportes e atividades, e reconhecer os princípios básicos norteadores do planejamento, entendidos como valores fundamentais invioláveis, dos quais as decisões de planejamento devem derivar (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009). A evolução destes princípios é, inclusive, a base para cada uma das fases de evolução paradigmática do planejamento integrado.

### ***5.1.1. Planejamento de Transportes***

A abordagem do planejamento de transportes permaneceu, até poucas décadas atrás, restrita a uma interpretação funcional do sistema, em termos de tráfego. Os problemas predefinidos eram os típicos problemas funcionais de transportes, tais como congestionamentos, atrasos, acidentes, etc. Os esforços empreendidos há décadas para o desenvolvimento de planos de transporte, tais como o americano (apoiados pela “*US Bureau of Public Roads*”, em meados da década de 1950) e inglês (Plano Rodoviário SELNEC, de 1962), partiam de objetivos previamente muito bem estabelecidos, como: pesquisar as origens e destinos dos movimentos e tempos de viagem; quantificar o tráfego na rede rodoviária; identificar gargalos da oferta viária; e construir um plano rodoviário. Verificava-se ainda que a principal meta destes esforços de planejamento era a elaboração de propostas orçamentárias para viabilizar o investimento em nova infraestrutura de transportes, ou na melhoria da rede já existentes (BRUTON, 1979). A evolução do pensamento sobre transportes já apontava para a importância de se considerar o uso do solo como elemento desencadeador dos movimentos, mas apesar desta preocupação, o desenvolvimento dos planos continuou com sua ênfase voltada para a acomodação de números cada vez maiores de veículos motorizados individuais, através da construção de nova infraestrutura (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013). O continuo crescimento da oferta do sistema teve, e ainda tem, como resultado a circunstancial redução dos níveis de congestionamento, mas que no longo prazo implica em uma crescente dependência dos veículos automotores individuais (MEYER e MILLER, 2001). Esta dependência tem impactos negativos não só nos níveis de mobilidade (pela incapacidade de provisão indefinida de infraestrutura), mas também ao meio ambiente, à saúde (através de

emissões de gases poluentes e pelo aumento do sedentarismo), para citar alguns dos seus efeitos. A abordagem baseada em soluções, típica da chamada abordagem racionalista (TUOMINEN, KANER e LINKAMA, 2012) do planejamento dos transportes, manteve seu foco na avaliação de custos, impactos e benefícios de projetos físicos de transporte, particularmente de infraestrutura.

Figura 23. Foco do planejamento dos transportes representado no modelo ALUTI.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Utilizando-se do modelo ALUTI proposto podemos identificar quais elementos têm papel central dentro desta abordagem de planejamento. O paradigma do planejamento dos transportes se baseia em dois aspectos: na proposição de

infraestrutura, ou seja, na oferta do subsistema de transportes, através de sua “rede de transporte”; e na avaliação de sua capacidade atual e futura, que é representada pela caixa “capacidade”, dentro do modelo. Podemos ver este enfoque ilustrado na Figura 23.

### **5.1.2. Planejamento da Mobilidade**

A introdução da ideia de mobilidade no planejamento dos transportes decorre da expansão da visão do planejador de transportes, que passa a incorporar em suas análises outros modos de transporte (não-motorizado) e encampa valores associados à eficácia (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013; AZEVEDO FILHO, 2012). A escolha do termo recai sobre a percepção de que o principal elemento do sistema são os níveis de mobilidade pessoal, e não apenas o provimento de infraestrutura. Deste movimento de expansão conceitual, podem ser reconhecidas duas grandes linhas de mudança que impactam diretamente o processo metodológico de planejamento. A primeira é a substituição do foco na oferta de infraestrutura, que passa a ser interpretado a partir da relação entre oferta e demanda; e a segunda é a mudança da orientação do planejamento, que deixa de ser baseado em soluções e passa a reconhecer os problemas (desequilíbrios) como ponto de partida do processo.

O trato da relação entre oferta de infraestrutura e demanda por deslocamentos permite a percepção de desbalanceamentos entre estas duas partes constituintes do sistema de transportes. Esta situação de desequilíbrio pode ser interpretada como a fonte dos problemas deste sistema (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013). Duas vantagens podem ser percebidas a partir desta abordagem, a primeira é o fato de que o trato da infraestrutura deixa de ser exclusivamente de provimento de oferta e passa a ser mais fortemente associado à relação oferta/demanda. O segundo é a possibilidade de oferecer um sistema que atenda aos desejos dos usuários, uma vez que a porção da demanda (onde os desejos e necessidades se encontram) ganha importância dentro do processo decisório dos planejadores. A infraestrutura a ser oferecida, a partir desta leitura da demanda, tem maior potencial para ser mais adequada aos interesses dos atores envolvidos.

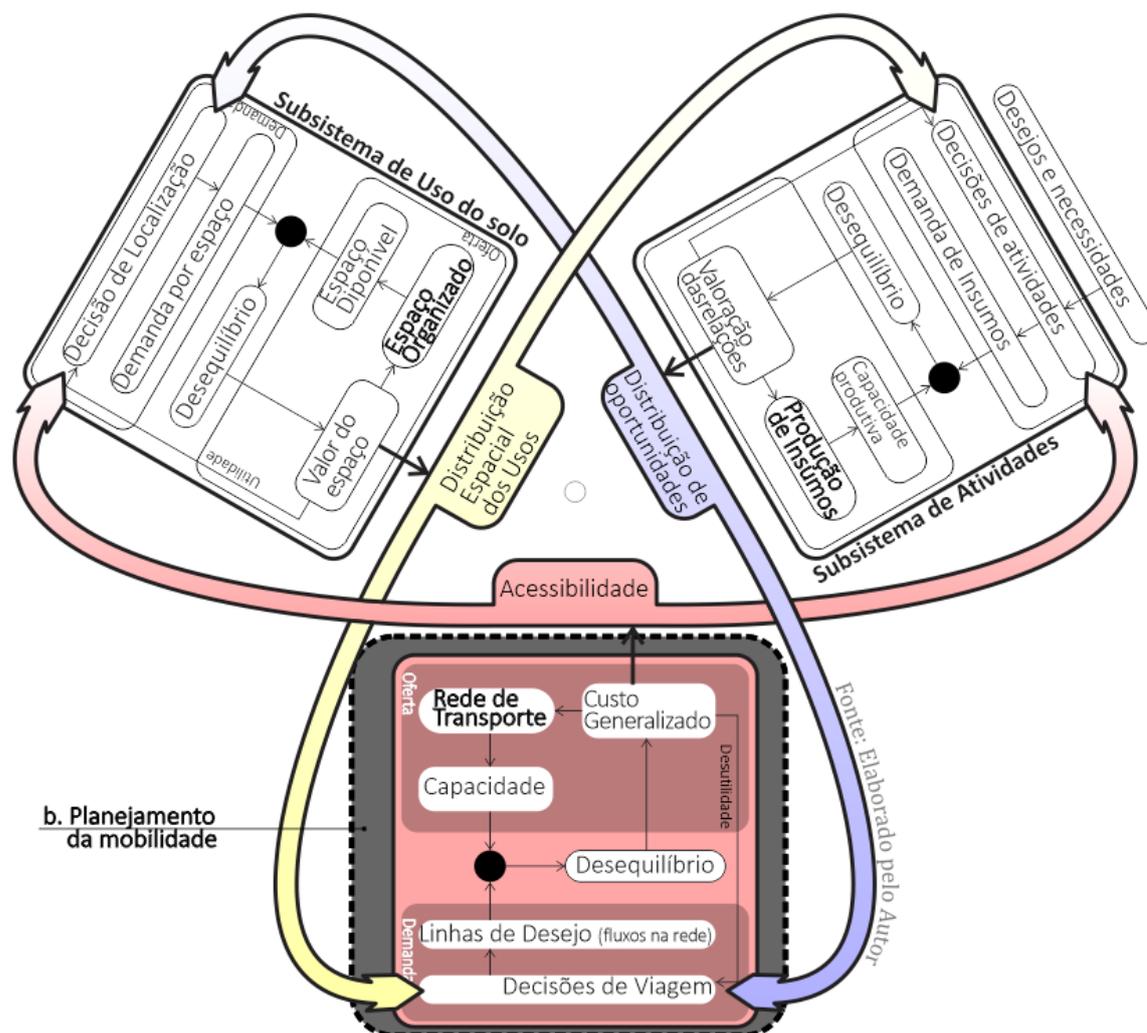
O termo mobilidade é entendido como um conceito que se preocupa com a performance do sistema de transportes (BHAT et al, 2000). O planejamento da mobilidade, portanto, leva em consideração, principalmente, o meio de locomoção, sem maiores

preocupações com os fins. Este pensamento, comparável ao que se pensava sobre o clássico planejamento de transportes, é voltado para algumas soluções de problemas preestabelecidos, tais como congestionamentos, altos tempos de viagem, atraso veicular (HANDY, 2005; LITMAN, 2012). Suas soluções baseiam-se normalmente em garantir os meios de locomoção (ex. veículos privado automotor) através da oferta de infraestrutura específica. Diferente do paradigma anterior, em que se estimava uma projeção de demandas futuras para proposição de nova infraestrutura, identificada por Owens (1995) sob o nome de “Prever e Prover” (“*predict and provide*” no original), o planejamento da mobilidade se baseia em dados provenientes do desequilíbrio observado entre oferta e demanda, ou seja, incorpora aspectos importantes para garantir o desempenho do sistema, bem como se vê influenciado por características externas ao sistema de transportes.

Apesar da busca por soluções para problemas típicos do transporte, esta abordagem abre caminho para a incorporação de valores de outros subsistemas. Ainda se percebe, entretanto, que os dados relativos aos sistemas de uso do solo (distribuições espaciais das ocupações) e atividades (desejo e necessidades de inter-relações socioeconômicas) funcionam apenas como dados de entrada para uma modelagem limitada às características do sistema de transportes (DE LA BARRA, 1989; MILLER, 2003; NEWMAN e KENWORTHY, 1996). O foco dicotômico empregado no trato do sistema de transportes e nos outros subsistemas se manifesta nas técnicas de análise, que tipicamente modelam o sistema de transportes a partir de condições dadas de uso do solo ou de relações socioeconômicas, e não tentam reconhecer as mútuas interações dos subsistemas (MEYER e MILLER, 2001).

Ao representarmos os elementos importantes a este paradigma de planejamento dentro do modelo ALUTI (Figura 24) torna-se clara a ênfase ainda voltada para o trato do subsistema de transportes, enquanto os demais subsistemas têm um papel ainda coadjuvante. Os elementos básicos do planejamento da mobilidade localizam-se na interface entre oferta e demanda de transportes, principalmente na avaliação dos desequilíbrios resultantes destas relações. O trato dos problemas de desequilíbrio permite ao planejador reconhecer e buscar melhorias de desempenho do sistema, e também melhorias na distribuição dos meios de transporte, em função da identificação das demandas provenientes de características socioeconômicas diversas.

Figura 24. Foco do planejamento da mobilidade representado no modelo ALUTI.



Fonte: Elaborada pelo autor.

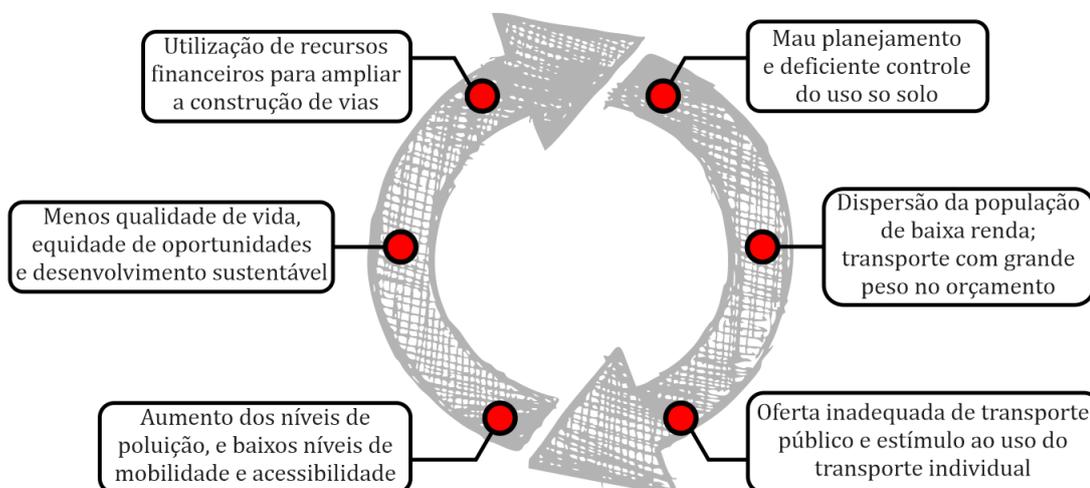
### 5.1.3. Planejamento da Acessibilidade

A acessibilidade, paulatinamente, passou a ser entendida como um atributo fundamental para o bom funcionamento de cidades, e serve de parâmetro básico para o entendimento da relação entre uso do solo e transportes (HULL, SILVA e BERTOLINI, 2012). Mais ainda do que o entendimento de mobilidade, foi reconhecida no planejamento da acessibilidade uma indissociável relação com oportunidades ou facilidade de acesso a pessoas e atividades distribuídas no espaço e no tempo. Entendemos aqui que as atividades são os verdadeiros motivos pelos quais pessoas decidem seus deslocamentos e localizações. Podemos descrever a acessibilidade como sendo aquela qualidade dos sistemas urbanos que permite aos usuários superarem as dificuldades impostas pela

separação espacial entre origens e destinos, onde acontecem as atividades, (bem como, de um ponto de vista mais abrangente, por outras impedâncias, de ordem social [ex.: censura por idade] ou econômica [ex.: preços proibitivos], etc.). O planejamento com foco na acessibilidade significa, em contraste ao planejamento focado em mobilidade que é focado no deslocamento, tornar mais fácil a fruição das atividades.

Percebe-se uma mudança no propósito do planejamento, que muda de “garantir meios de transporte”, em termos da mobilidade (oferecida pela infraestrutura, serviços e modos de transporte, o que acaba por restringir o foco do planejamento aos seus aspectos de oferta (MEYER e MILLER, 2001), para “facilitar o acesso aos destinos”, em termos de acessibilidade (que tem seu foco do lado da demanda (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013) dos viajantes/cargas, e não mais simplesmente no sistema (HANDY, 2005)). É importante ressaltar que as novidades trazidas com o novo modo de pensar, voltado para o planejamento da acessibilidade, vem para se somar aos esforços do planejamento da mobilidade, sem necessariamente (e completamente) substituí-los. A partir desta mudança conceitual, reconhece-se a necessidade de se quebrar com o “círculo vicioso” dos paradigmas anteriores, ilustrado na Figura 25, que teria como causa a persistência em separar os antigos problemas de transporte (entendido como meio de satisfazer necessidades de deslocamento), e a forma como construímos e gerimos cidades (envolvendo o suporte físico às atividades humanas e seus fatores locais, bem como as relações motivadoras destas necessidades e desejos) (PORTUGAL, 2010).

Figura 25. Ciclo vicioso do planejamento de transportes.

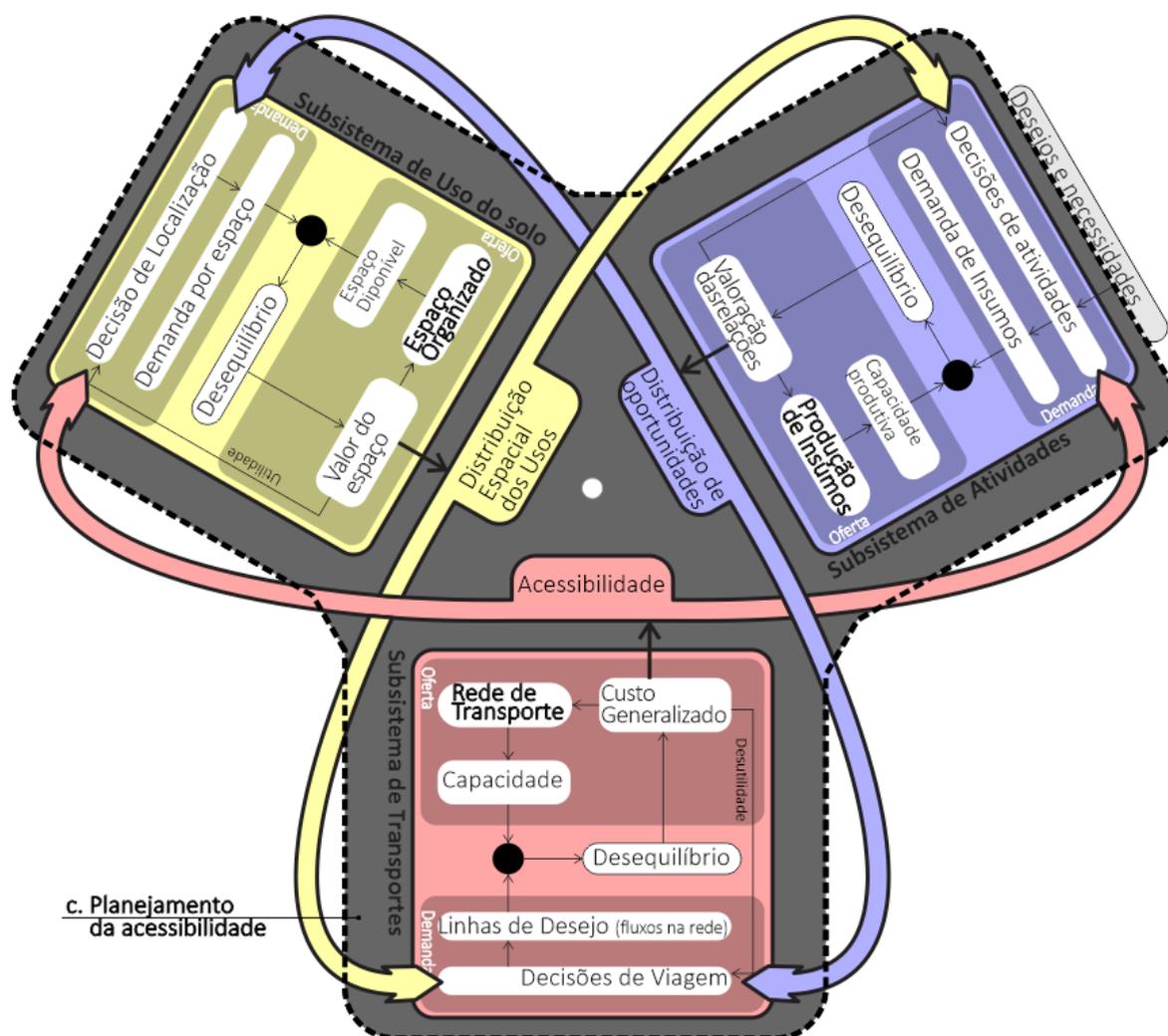


Fonte: Elaborada pelo autor (Adaptado de PORTUGAL, 2010)

Mesmo estando na pauta de pesquisadores há algum tempo, a incorporação de medidas de acessibilidade no processo de planejamento ainda depende de uma renovação no modo de pensar suas atribuições e causalidades (HULL, SILVA e BERTOLINI, 2012). Segundo Curtis e Scheurer (2010), os valores encampados com a adoção da acessibilidade como centro do planejamento adicionam alguma complexidade ao planejamento pela interação necessária entre subsistemas diferentes, e a integração ao planejamento dos transportes dos demais esforços de planejamento. Estas ideias já eram previstas desde a década de 1950, mas nunca foram efetivamente implementadas (BRUTON, 1979; MILLER, 2003). Esta abordagem, sugerida pelo “planejamento da acessibilidade”, tem pelo menos três princípios básicos a serem levadas em consideração. O primeiro relaciona-se à qualidade de vida e bem-estar a serem alcançado através da eficácia dos sistemas (LUCAS, VAN WEE e MAAT, 2015; MACÁRIO, 2012). A segunda é a ideia de justiça social, para a qual torna-se necessário incorporar o conceito de equidade (MACÁRIO, 2012). A terceira é a ideia de sustentabilidade (BERTOLINI, LE CLERCQ e KAPOEN, 2005), que preconiza a garantia de eficácia e justiça social ao longo do tempo, para futuras gerações.

Com o intuito de explicarmos a incorporação dos princípios exigidos pelo paradigma do planejamento da acessibilidade ao foco do planejamento da mobilidade, torna-se muito importante a solidificação da descrição e aplicação das pontes (na forma de indicadores) utilizadas para conectar os subsistemas constituintes do fenômeno urbano. Percebemos que o modelo ALUTI (Figura 26) identifica três subsistemas e nos permite representar a condição de sua integração. Mais ainda, o modelo viabiliza a discussão e representação dos princípios básicos de eficácia (desempenho resultante da relação oferta/demanda), equidade (no cuidado com a distribuição espacial, temporal, social e econômica das oportunidades), e sustentabilidade (ao incorporar ao desempenho os resultados do uso racional dos recursos (mais uma vez oferta/demanda)).

Figura 26. Foco dos paradigmas de planejamento representados no modelo ALUTI.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Resumidamente, uma vez enumeradas e apresentadas as fases da evolução paradigmática do planejamento dos transportes, podemos utilizar o modelo ALUTI para descrever esta evolução a partir dos elementos constituintes dos fenômenos estudados. A Figura 26.a representa o foco do planejamento dos transportes no provimento de infraestrutura, a partir da oferta da rede de transportes e suas medidas de capacidade. Em seguida, a Figura 26.b, sobre o planejamento da mobilidade, se concentra na relação entre a oferta de infraestrutura e a demanda por deslocamentos, com especial interesse em seu desequilíbrio e nas medidas de desempenho derivadas deste. Por último, quanto ao paradigma do planejamento da acessibilidade (Figura 26.c), o modelo permite a identificação das medidas de acessibilidade (incorporando sua conceituação relativa aos subsistemas de uso do solo e atividades) como meio de integração dos subsistemas.

#### **5.1.4. O Paradigma do Planejamento da Acessibilidade Para os Outros Subsistemas**

Na argumentação da evolução paradigmática do planejamento do sistema de transportes, que tem como foco o UMS, não fica claro o fato de que os demais esforços de planejamento, do uso do solo e atividades, também apresentam limitações de abordagem. Se em um momento, nos anos 1950, reconhecemos o paradigma do planejamento dos transportes, focado na expansão da infraestrutura, como prática mais evoluída à época; para o planejamento do uso do solo, por exemplo, algo semelhante ocorria tomando a forma de “*master plans*” (sic.) de cidades e projetos de futuro cristalizados (imutáveis) baseados na proposição de oferta (HALL e TEWDWR-JONES, 2010). Torna-se importante frisar que a evolução paradigmática representa a visão desta evolução do ponto de vista do UMS, sem significar que uma evolução paralela não ocorresse nas outras disciplinas do planejamento. Se o foco dos transportes, um dia, baseou-se no provimento de mobilidade (mais deslocamentos em menos tempo), em um momento posterior reconheceu que todo o motivo por trás da existência do sistema de transportes era a possibilidade de se exercer as atividades desejadas (HANDY, 2005). Analogamente, o foco do planejador de uso do solo também pôde evoluir do ordenamento espacial (provimento de espaço para mais ocupações), ao reconhecimento das motivações por trás destas ocupações, que deveria ser o real objeto do planejamento.

Estes motivos fundamentais, de exercer atividades e relacionar-se social, política e economicamente, anteriores às decisões de deslocamento e de ocupação do espaço, definem o papel destes dois sistemas como sendo facilitadores deste processo. Os subsistemas passam a representar as restrições impostas a esta facilidade. Foi com a evolução para o paradigma da acessibilidade, interpretado a partir dos três subsistemas, que se percebeu evidentemente as relações complexas entre eles. Acessibilidade define o motivo principal da existência daqueles esforços, e passa a ser entendida como medida de interação, já que todos os subsistemas contribuem para a sua interpretação e são influenciados por ela. A incorporação da ideia de acessibilidade é o caminho encontrado, portanto, para viabilizar a confluência dos focos do planejamento dos transportes, do uso do solo e das atividades. Se o planejamento do UMS lança mão da mobilidade como seu foco interno (próprio dos transportes) e da acessibilidade como foco complexo, os demais

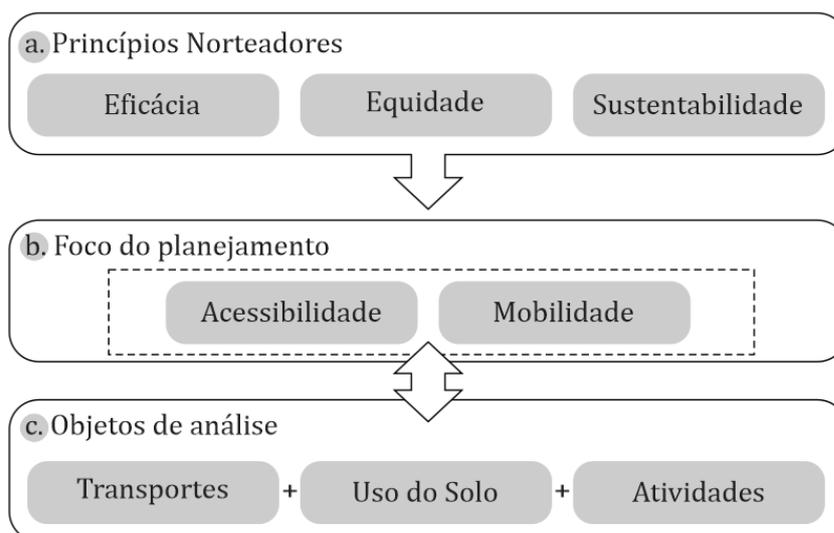
subsistemas devem apresentar um comportamento semelhante. A acessibilidade é o ponto comum dos esforços, e deve também embasar-se em valores comuns à sociedade que sirvam de critério (“...*garantir o espaço de aceitabilidade no desenho das ações*” (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009)) para a identificação de problemas comuns. Portanto, aquela confluência dos esforços só se torna possível com a adoção de um conjunto comum de princípios e valores norteadores, que serão discutidos a seguir.

### ***5.1.5. Princípios, Valores e Visão da Cidade***

Estas mudanças paradigmáticas, relativas às abordagens do planejamento dos sistemas de transportes, resultaram em transformações metodológicas. Com a adoção do paradigma do “planejamento da acessibilidade”, complementarmente ao que o “planejamento da mobilidade” já preconizava, reconhecemos uma transformação na interpretação dos problemas associados ao planejamento do UMS, bem como nas interpretações das relações de causa e efeito decorrentes desta mudança conceitual. O ponto de partida é o reconhecimento de que a evolução paradigmática se baseou na evolução de um conjunto de princípios norteadores do planejamento.

Em sua proposta de planejamento de sistemas urbanos integrados, Garcia (2015) relaciona os princípios norteadores (Figura 27.a), o foco do planejamento do UMS (onde ficam mais claras as interpretações das mudanças de paradigmas) (Figura 27.b), e os elementos constituintes do sistema (que correspondem aos seus subsistemas formadores) (Figura 27.c). Já discutimos os subsistemas constituintes do fenômeno, bem como, apresentamos a evolução paradigmática do planejamento até o seu momento atual, materializados pelos focos em mobilidade e acessibilidade. Resta-nos entender melhor sobre os princípios norteadores do planejamento (Figura 27.a), de onde se consolidará uma “visão de cidade”.

Figura 27 Princípios da eficácia, equidade e sustentabilidade no planejamento urbano integrado (Adaptado de Garcia, 2015).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Princípios podem ser entendidos como leis morais, definições orientadoras do comportamento de indivíduos segundo sua consciência; por sua vez, valores são apreensões subjetivas pessoais, características morais inerentes aos indivíduos (a exemplo disto podemos citar: humildade, piedade, solidariedade, etc.), tendenciadas pelas influências sociais a que são submetidas. Ambos os conceitos são utilizados na elaboração de leis, acordos e diretrizes de convivência nas relações sociais. Suas aplicações com este intuito dependem delas serem acordadas previamente pela coletividade, para servirem de diretrizes reconhecidas e incontestáveis. Segundo Magalhães e Yamashita (2009), vários dispositivos e instrumentos normativos de planejamento se valem destes conceitos, tais como a constituição federal brasileira, planos diretores urbanos, etc.

Parece existir uma certa concordância dentro da literatura especializada quanto aos princípios norteadores do planejamento sistêmico de cidades. Vários autores (GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013; LUCAS, VAN WEE e MAAT, 2015; MEYER e MILLER, 2001; SOARES, 2014; YOUNG e TILLEY, 2006) apontam para pelo menos três conceitos que funcionam como princípios universais na prática do planejamento e desenvolvimento de políticas públicas. São eles os conceitos de eficácia, equidade e sustentabilidade. Estes três princípios são bem aceitos pelas comunidades de planejamento estando ainda alinhados com as clássicas ideias das dimensões econômica, social e ambiental (Figura 4) (BANISTER, 2008). Para a nossa pesquisa, estes princípios são entendidos como:

(1) Eficácia – É um dos mais tradicionais e disseminados princípios de planejamento. Ele preza pela capacidade dos sistemas em alcançarem os fins pretendidos;

(2) Equidade - Princípio que preza pela minimização das injustiças decorrentes da evolução dos sistemas. Muitas vezes os sistemas assumem formatos que levam a distorções ou diferenças entre indivíduos, gerando condições de desvantagem (GARCIA, 2015). Pretende-se com este princípio evitar a exclusão e a injusta distribuição de oportunidades, em prol da satisfação mútua dentro da mesma geração de atores;

(3) Sustentabilidade – Princípio que preza pela perenidade dos recursos naturais, sociais e econômicos, de modo a garantir a efetividade e equidade do sistema a longo prazo. Segundo Le Clercq e Bertolini (2013), o conceito de sustentabilidade, apoiado no reconhecimento da interação entre uso do solo e transportes, se baseia em 3 dimensões, econômica, ecológica e humana. Sustentabilidade também pode ser entendida como uma medida de equidade (ou de justa distribuição dos recursos e dos ônus) entre gerações distintas (a atual e a futura) (BEDER, 2000).

Estes princípios são necessários durante todo o processo de planejamento, mas são especialmente importantes na etapa de construção de uma visão de cidade. Alguns autores (MEYER e MILLER, 2001; MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009, SOARES, 2014) defendem que esta visão de cidade constitui a descrição de uma situação desejada (ou ideal) do fenômeno de interesse, portanto, diretamente relacionada ao estabelecimento de metas e objetivos a serem alcançados. Eles ainda reforçam a importância da aplicação de tais valores e princípios desde os primórdios do processo, como embasamento para a identificação de problemas. Na seção seguinte, aplicamos o modelo ALUTI na representação destes problemas de planejamento.

## **5.2. Aplicabilidade do Modelo ALUTI na Representação da Problemática**

O objetivo deste item é demonstrar a aplicabilidade do modelo ALUTI na representação da problemática do planejamento integrado. Esta demonstração vem no sentido de comprovar a utilidade do modelo como facilitador para o entendimento dos problemas que afligem os planejadores, e conseqüentemente para a comunicação entre

comunidades de planejamento. Neste desafio, identificamos pelo menos três maneiras de apresentarmos a contribuição do modelo. A primeira diz respeito à sua aplicação direta de representação a partir de uma proposta metodológica de planejamento em nível estratégico. A segunda é associada à construção conceitual de problemas de acessibilidade e mobilidade derivados do atual paradigma de planejamento da acessibilidade, descrito no item anterior desde mesmo documento. A terceira é através da associação, dentro do modelo ALUTI proposto, entre a classificação em categorias de restrições de acessibilidade e os elementos do sistema ALUTI.

### ***5.2.1. Representação dos Problemas a Partir de Uma Proposta Metodológica***

A identificação de problemas pode ser entendida como uma etapa a ser cumprida dentro da metodologia de planejamento. Para a boa prática do planejamento, reconhecemos a necessidade de representarmos da melhor maneira possível tais problemas, como meio de facilitar a comunicação entre os atores envolvidas no processo de planejamento. Verificamos um potencial para tal representação dentro do modelo ALUTI. Para sermos capazes de representar de maneira satisfatória os problemas utilizando tal modelo, precisamos construir uma discussão inicial acerca das etapas metodológicas do planejamento. Uma destas etapas metodológicas deve se configurar como o momento propício para que a identificação e representação de problemas ocorra.

Segundo a literatura (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009; GARCIA, MACÁRIO e LOUREIRO, 2013; SOARES, 2014), podemos entender o processo de planejamento como sendo composto por três escalas de definição, ou níveis de decisão, sendo elas: *Nível Estratégico, Tático e Operacional*. O primeiro nível desempenha o papel de explicitar onde se quer chegar com o sistema, o segundo nível aponta o caminho pelo qual será possível se chegar ao objetivo, e o terceiro trata da execução, definindo exatamente o que deveria ser feito (MCIDADES, 2007). Em seu esforço de sistematização deste processo de planejamento, Soares (2014) apresenta uma estrutura de metodologia do planejamento da acessibilidade e mobilidade (Figura 28), que é derivada de propostas existentes na literatura (MEYER e MILLER, 2001; MAY, 2005; MAGALHÃES e YAMASHITA, 2005; GARCIA, MACÁRIO E LOUREIRO, 2013). A autora identifica o nível estratégico como o mais propício para ocorrer a identificação de problemas, e é a este nível que sua proposta

se limita. A metodologia apresentada tem como ponto de partida os “princípios e valores” norteadores do planejamento (Figura 28.I) (discutidos na seção anterior), a partir de onde o foco do planejamento é definido e os problemas podem ser reconhecidos (Figura 27). A construção e validação de uma visão de cidade deriva destes valores e princípios (Figura 28.II), que são atrelados à ideia de “qual cidade queremos” (situação desejada). A partir deste ponto, o método é dividido em três partes, uma de identificação de problemas (diferença entre a situação atual e a desejada), outra de caracterização destes problemas (descrever objetivamente as diferenças), e uma última etapa de diagnóstico (de estabelecimento de relações de causa e efeito).

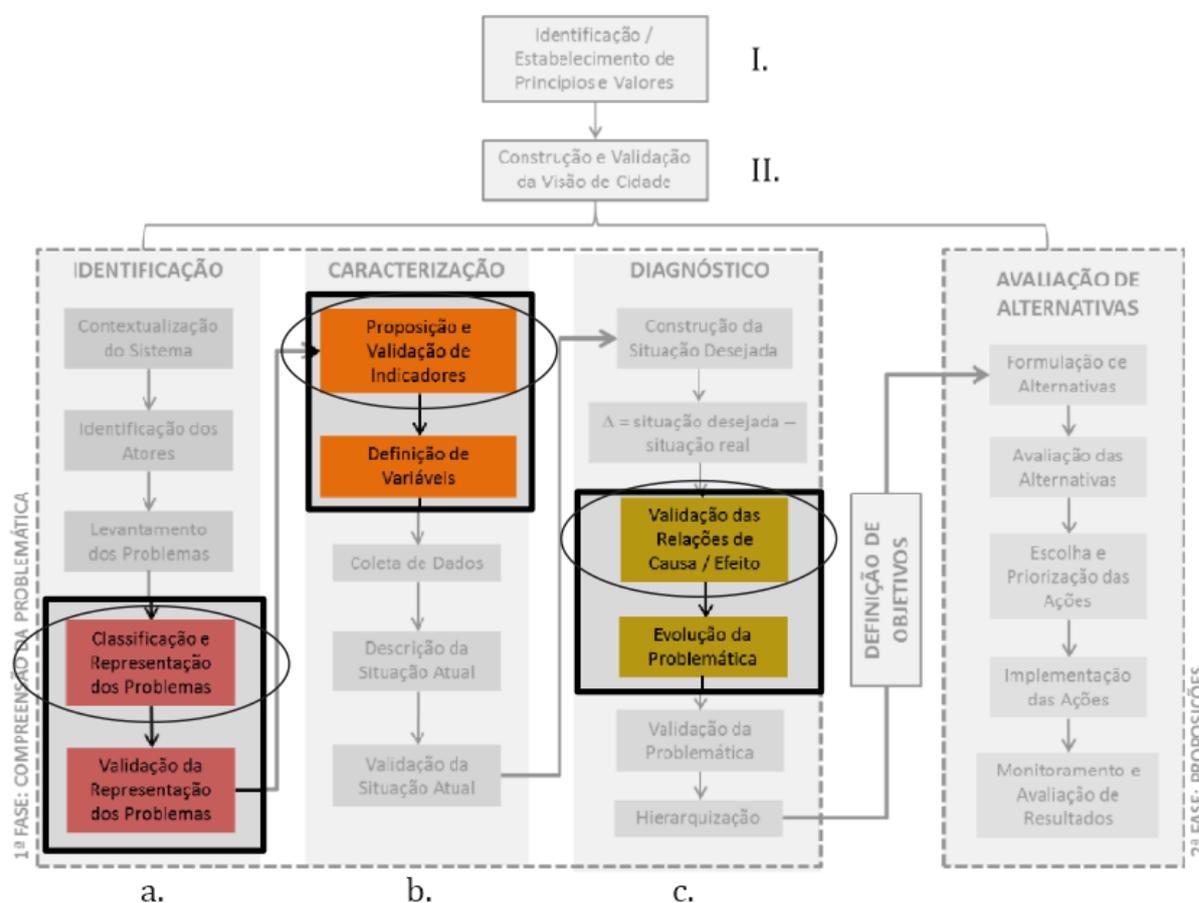
Ao analisarmos esta organização, foi possível identificar em quais destes passos o modelo ALUTI apresenta-se como ferramenta aplicável. Reconhecemos que o modelo tem o potencial de contribuir de três maneiras distintas para o processo de planejamento integrado, sendo elas:

(a), Na representação dos problemas do sistema analisado - Que está ilustrado na proposta metodológica de planejamento da acessibilidade e mobilidade, dentro da etapa de identificação da problemática [Figura 28.a], através do passo “classificação e representação dos problemas levantados”;

(b), Na proposição e validação de indicadores - Representado na proposta metodológica, dentro da etapa de caracterização da problemática [Figura 28.b], através do passo “proposição e validação de indicadores”;

(c), Na identificação de premissas de causalidade entre os elementos constituintes do sistema - Ilustrado na proposta metodológica, dentro da etapa de diagnóstico da problemática [Figura 28.c], através do passo “validação das relações de causa/efeito”).

Figura 28. Proposta metodológica de planejamento estratégico da acessibilidade e mobilidade. Foco na compreensão da problemática.



Fonte: Adaptado de SOARES, 2015.

Para que possamos representar, suficientemente bem, a problemática da acessibilidade e mobilidade, necessitamos reconhecer dentro do modelo ALUTI os aspectos básicos necessários para a identificação (elementos constituintes) e diagnóstico (relações causais) de tais problemas. Tendo como fundamento o paradigma do planejamento da acessibilidade baseado em problemas (Vriens e Hendriks, 2005; Garcia, Macário e Loureiro, 2013; Soares, 2014), verificamos uma maior importância de alguns elementos modelados, entendidos como minimamente necessários, para que possamos dar início à compreensão da problemática. São eles:

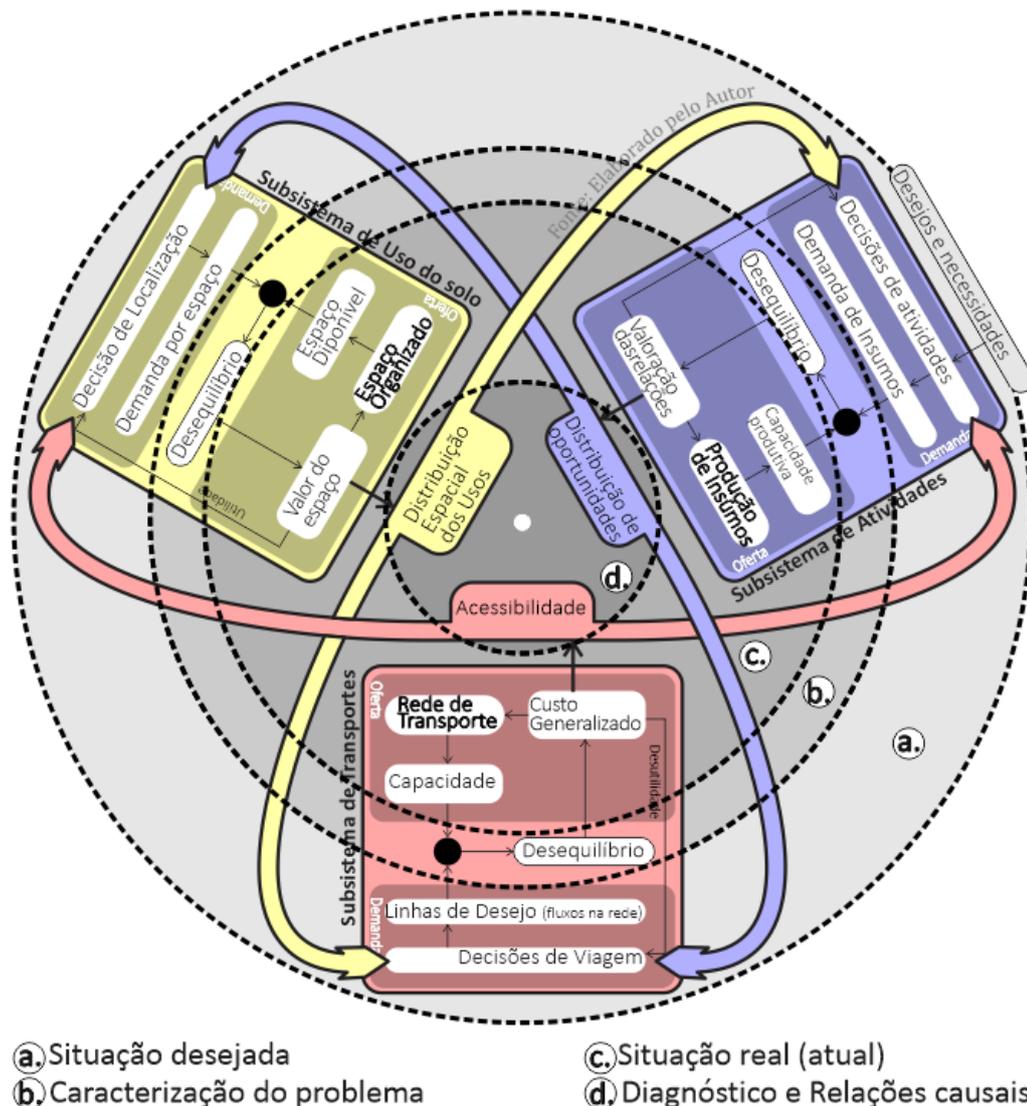
- *Situação desejada do sistema:* Ilustrada no modelo (Figura 29.a) pela representação da demanda dos três subsistemas. Conceitualmente, deve refletir os desejos (interesses não materializados dos atores). Um dos

desafios da modelagem da demanda é conseguir transcender a percepção do desejo materializado, e representar a demanda reprimida (aquelas que não se materializam por impedâncias do sistema);

- *Situação real do sistema*: Ilustrada no modelo (Figura 29.c) pela representação da oferta dos três subsistemas, deve representar o estado atual e capacidade instalada;
- *Caracterização do problema*: ilustrada no modelo (Figura 29.b) pela representação do desequilíbrio dinâmico entre as porções de oferta e demanda de cada um dos subsistemas. Esta representação é a materialização dos comportamentos, resultantes do encontro entre demanda (desejos e necessidades, demandas reprimidas, etc.) e a oferta dos subsistemas (suas capacidades). O desequilíbrio pode significar maior ou menor desempenho, uma vez dados os critérios de análise (valores e princípios preestabelecidos);
- *Relações causais*: Presente em toda a Figura 29, são enfatizadas pelas setas de conexão entre os elementos do sistema. Estas relações são premissas baseadas na interpretação conceitual do fenômeno estudado. Pelo menos dois níveis de relações causais existem, uma interna e outra externa aos subsistemas. Este último nível está mais presente na Figura 29.d, que ilustra as pontes relacionais entre os subsistemas;
- *Indicadores*: Ilustrados em toda a Figura 29, são reconhecíveis tanto nas caixas representativas dos elementos dos subsistemas, quanto nas setas relacionais entre os elementos. Indicadores são utilizados tanto para a representação das situações atuais e desejadas, quanto para a caracterização dos problemas e diagnóstico.

Estes cinco elementos estão presentes e podem ser identificados dentro do modelo ALUTI, tal como exposto na Figura 29, que ilustra as porções do modelo mais diretamente ligadas a estes cinco aspectos, em um esquema concêntrico.

Figura 29. Representação das etapas do planejamento estratégico no modelo ALUTI.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em conclusão, a avaliação dos problemas, como sendo a diferença entre a situação atual do sistema e a sua situação desejada, corrobora a interpretação de problema proposta por Meyer e Miller (2003). O desequilíbrio (resultante das relações oferta/demanda) passa a ser associado aos problemas, e sua condição complexa torna-se explícita na facilidade de identificação dos indicadores, que mutuamente alimentam e são alimentados pelos demais elementos do sistema. Em poucas palavras, fica evidente que os desequilíbrios (problemas) entre oferta (situação real) e demanda (situação desejada) são resultantes das interações (causas e efeitos) entre subsistemas distintos, não podendo serem avaliados isoladamente.

Exemplificamos a problemática exposta da seguinte forma. O desequilíbrio entre oferta e demanda do subsistema de transportes, pode ser ilustrado pela ocorrência de congestionamentos. Este fenômeno não deveria ser entendido apenas como efeito do descompasso entre a demanda por deslocamentos e a oferta de infraestrutura, uma vez assumido, através do modelo proposto, que a demanda por deslocamentos é também resultante do desempenho dos outros dois subsistemas. Estes outros subsistemas são, por sua vez mutuamente influenciados, e também alimentados pelo desempenho do sistema de transportes, que incorpora tanto o desempenho da acessibilidade quanto da mobilidade. Se pretendêssemos intervir exclusivamente no sistema de transportes para resolver seus desequilíbrios, contrariando o que preconiza o paradigma da acessibilidade, mas em acordo com as práticas dos paradigmas anteriores, concluiríamos que uma solução plausível seria o incentivo a um aumento na oferta do sistema (aumento de sua capacidade, seja por alargamento de vias, ou criação de novas), para que seu desempenho (de mobilidade - quantidade de viagens possíveis) aumentasse. O aumento do desempenho da mobilidade afetaria positivamente as demandas por localizações e por atividades, de modo que estes subsistemas, ao fim do seu ciclo, influenciariam as demandas por deslocamento também positivamente, gerando mais demanda. Este ciclo continuaria indefinidamente, até que não fosse mais possível alterar a oferta do sistema de transportes, seja pela escassez de espaço, de recursos naturais ou econômicos.

### ***5.2.2. Representação dos Problemas a Partir dos Princípios e Valores***

A definição de problemas de acessibilidade depende do estabelecimento inicial coletivo de princípios norteadores, que definam as expectativas do sistema (GARCIA, 2015). Estes princípios norteadores já foram apresentados, e vão nos servir de base para a definição dos problemas. É a partir das ideias de Rawls (1971) sobre as teorias ou ideologias políticas do igualitarismo e do suficientismo que alguns autores (LUCAS, VAN WEE e MAAT, 2015; VAN WEE e GEURS, 2011) elaboram sobre o conceito de acessibilidade de modo a dotá-lo de uma perspectiva ética. O igualitarismo concentra-se no entendimento das diferenças entre os benefícios concedidos a cada indivíduo, enquanto o suficientismo assume que todos devem ter garantidos benefícios mínimos, mas suficientes, para permitir seu bem-estar. Esta adoção de valores éticos nos permite

reconhecer nas decisões de planejamento seus níveis de equidade e sustentabilidade, bem como nos ajuda a definir padrões mínimos aceitáveis destas mesmas medidas. Esta perspectiva, adaptado de Garcia (2015), aponta para uma categorização dos problemas de acessibilidade e mobilidade, dividida em:

*Acessibilidade insuficiente:* Baseada na teoria do suficientismo, destaca a importância de que haja um nível mínimo de acesso às oportunidades para todos, independentemente dos níveis de desigualdade;

*Acessibilidade inequânime:* Fundada na teoria do igualitarismo, baseia-se na ideia de que todos devem ter acesso às oportunidades desejadas, bem como o mesmo nível de mobilidade;

*Acessibilidade insustentável:* Tem suas bases na teoria do suficientismo, e considera que as gerações futuras não devem sofrer degradação dos seus níveis de acessibilidade e mobilidade para abaixo dos valores mínimos atuais. Baseia-se também no igualitarismo, ao reconhecer que diferenças entre os benefícios garantidos às gerações atuais e futuras não são desejáveis (BEDER, 2000; GARCIA, 2015).

Estes três problemas de acessibilidade podem ser incorporados à modelagem do sistema ALUTI, através das medidas de impacto (indicadores entre subsistemas), que foram concebidos de modo a representar medidas de restrição impostas pelo sistema aos diversos atores envolvidos. Nesta comparação, é possível reconhecer um outro conjunto de problemas, desagregados por subsistema, que representam questões mais estruturais. Este paralelo entre o resultado dos problemas, derivados das ideologias políticas citadas acima, e os problemas derivados das restrições impostas pelos subsistemas do modelo ALUTI, pode ser vista na Tabela 8.

Tabela 8. Paralelo entre os problemas de base política/ética e as restrições de acessibilidade impostas segundo o modelo ALUTI

Ideologias Políticas (Categorias de Problemas)	Restrições Segundo o Modelo ALUTI		
	Acessibilidade Infraestrutura	Distribuição espacial dos usos	Distribuição das oportunidades
<i>Suficientismo</i> (Insuficiência e Insustentabilidade)	Altos níveis de impedância	Altos níveis de dispersão de usos	Altos níveis de inatividades
<i>Igualitarismo</i> (Inequidade e Insustentabilidade)	Impedâncias exclusivas de certos grupos	Concentração de usos em certos locais	Atividades exclusivas de certos grupos

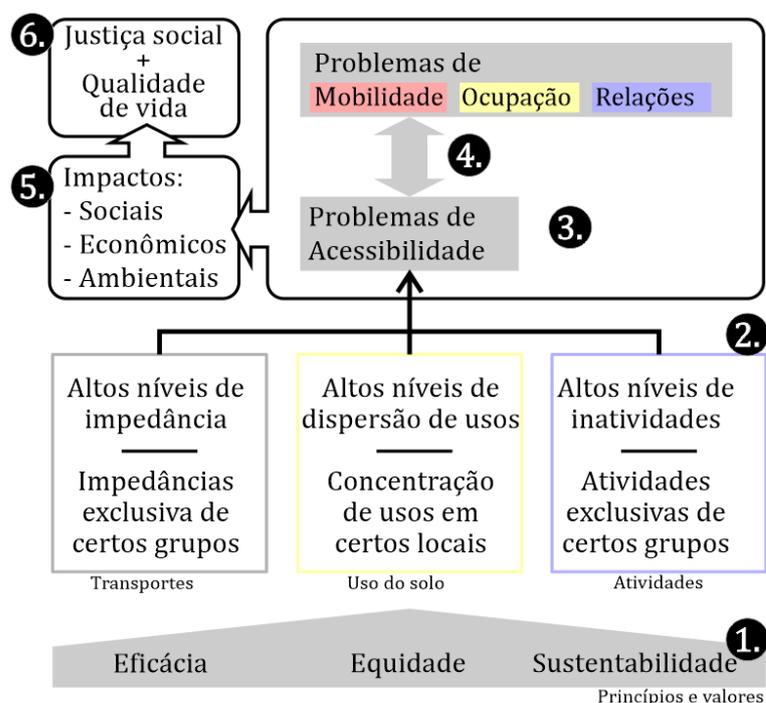
Fonte: Elaborada pelo autor.

Adotando tal categorização, percebemos uma possibilidade de representação da problemática do planejamento com base na priorização dos problemas de acessibilidade, de onde derivariam os problemas de mobilidade. De uma maneira geral, podemos dizer que maiores níveis de acessibilidade influenciam o sistema de transportes positivamente, de modo a gerar níveis de mobilidade mais compatíveis com as necessidades, entretanto não podemos dizer que o oposto seja verdade (HALDEN, 2011; BANISTER, 2008). Seguindo a mesma lógica, é plausível que os problemas de mobilidade sejam, na verdade efeitos dos baixos níveis de acessibilidade. A priorização da acessibilidade, portanto, baseia-se ainda na interpretação de que mobilidade é uma característica dos viajantes (HALDEN, 2011); entretanto, a partir do ponto de vista dos princípios norteadores, não sabemos se mais ou menos deslocamentos são preferíveis. Partindo-se da evolução paradigmática do planejamento, é possível verificar que, a adoção do foco na acessibilidade buscou uma abordagem mais abrangente (que refletisse a influência de mais elementos constituintes do sistema urbano) e mais focada nos motivos primários da vida em coletividade (inter-relações humanas e os seus benefícios). O contexto do planejamento focado na acessibilidade, ligado à modelagem do planejamento integrado permite uma interpretação da problemática do planejamento.

A partir do embasamento oferecido pelos princípios e valores norteadores (Figura 30.1), e sob a ótica das teorias (ideologias políticas) do igualitarismo e suficientismo, reconhecemos um conjunto de problemas relativos às restrições de acessibilidade, oriundos dos três subsistemas previstos pelo modelo ALUTI (Figura 30.2). Estas restrições se definem como problemas de acessibilidade (Figura 30.3), que é o problema central do planejamento integrado. O planejamento visto a partir do UMS reconhece também o problema de mobilidade (Figura 30.4). Importante ressaltar que planejamentos com foco em outros subsistemas (uso do solo ou atividades) também podem identificar problemas específicos (relativos a ocupações e às relações socioeconômicas (Figura 22)), sendo estes associados e, muitas vezes, resultantes do problema de acessibilidade. Daí assumirmos que todos os subsistemas partilham da percepção de maior importância e poder de confluência dos problemas de acessibilidade. Estes problemas geram impactos sociais, econômicos e ambientais (Figura 30.5), fortalecendo a ideia dos princípios norteadores, que, por fim, influenciam aquilo

entendido como motivo fundamental dos esforços de planejamento, a busca pela qualidade de vida e a justiça social (Figura 30.6).

Figura 30. Representação dos problemas de planejamento, segundo a percepção de princípios e restrições estratificados por subsistema.



Fonte: elaborada pelo autor.

### 5.2.3. Identificação das Categorias de Problemas de Acessibilidade no Modelo ALUTI

Com o intuito de construir uma representação da problemática do planejamento integrado com o foco nas categorias de problemas, verificamos a necessidade de melhor descrever que categorias são estas. Para tanto, baseamo-nos no trabalho de Garcia (2015), que faz uma compilação dos tipos de restrições que afetam os níveis de acessibilidade, indo até a discussão de suas causas fundamentais, baseada nas componentes de acessibilidade descritas por Geurs e van Wee (2004b). Esta compilação leva em consideração os trabalhos de Kenyon et al. (2002), que reconhece limitações impostas na participação social de indivíduos, além de aspectos espaciais, temporais e financeiros; e de Church et al. (2000), que reconhece aspectos espaço-temporais da exclusão social, bem como os relaciona a limitações de transportes e atividades. Sua interpretação das restrições pode ser vista na tabela 9.

Tabela 9. Categorias de restrições à acessibilidade (Garcia, 2015)

	<b>Individual</b>	<b>Uso do Solo</b>	<b>Transportes</b>
<b>Habilidades pessoais</b>	Relacionada a inabilidade individual física, motora e social de se deslocar.	-	-
<b>Infra estrutura física</b>	-	-	Relativo a barreiras físicas impostas pelo Sistema de transportes
<b>Espaço-tempo</b>	Relacionada a escassa disponibilidade de atividades no espectro temporal e espacial das necessidades do indivíduo	Relativo à inadequada distribuição espacial de usos	Relativo à ineficiência na disponibilidade espacial e temporal dos transportes
<b>Financeiro</b>	Relativo à incapacidade de custear o acesso a oportunidades	-	Relativo aos custos de tarifação de transportes
<b>Econômico</b>	-	Relacionado à distribuição espacial de usos e sua capacidade de atrair pessoas	-
<b>Social</b>	Relacionado às diferenças do nível de acessibilidade providos a grupo social.	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor (Adaptada de Garcia, 2015)

Esta categorização, descrita na primeira coluna da Tabela 9, abre espaço para uma outra forma de organizar os grupos de restrições que adota a interpretação proposta pelo modelo ALUTI (Figura 16). Nesta nova forma, as pontes entre subsistemas pautam a identificação de medidas restritivas à acessibilidade. O resultado final pode ser visto na Tabela 10, onde identificamos 6 categorias de restrições (numeradas de 1 a 6 na primeira coluna) relacionadas aos subsistemas do modelo ALUTI, identificados pelas siglas “at”, “us” e “tr”.

Tabela 10. Categorização das restrições de acessibilidade segundo o modelo ALUTI.

	<b>at</b>	<b>us</b>	<b>tr</b>
	<b>Atividades</b>	<b>Uso do Solo</b>	<b>Transportes</b>
<b>1 Pessoal</b>	Características impositivas ou restritivas, próprias do indivíduo (ator decisor).	Características impositivas ou restritivas, próprias do indivíduo (ator decisor).	Características impositivas ou restritivas, próprias do indivíduo (ator decisor).
<b>2 Infra estrutural</b>	-	-	Impedimentos ou dificuldades de ordem física/operacional;
<b>3 Locacional</b>	-	Posicionamento relativo dos usos;	-
<b>4 Temporal</b>	Limitação dos horários de funcionamento;	-	Limitação dos horários de funcionamento;
<b>5 Econômico</b>	Custo financeiro para exercer atividades;	Custos financeiros para a ocupação do solo;	Custos financeiros para o deslocamento;
<b>6 Social</b>	Limitação em função de idade, gênero, crença, ou outros aspectos sócio culturais.	Limitação em função de idade, gênero, crença, ou outros aspectos sócio culturais.	Limitação em função de idade, gênero, crença, ou outros aspectos sócio culturais.

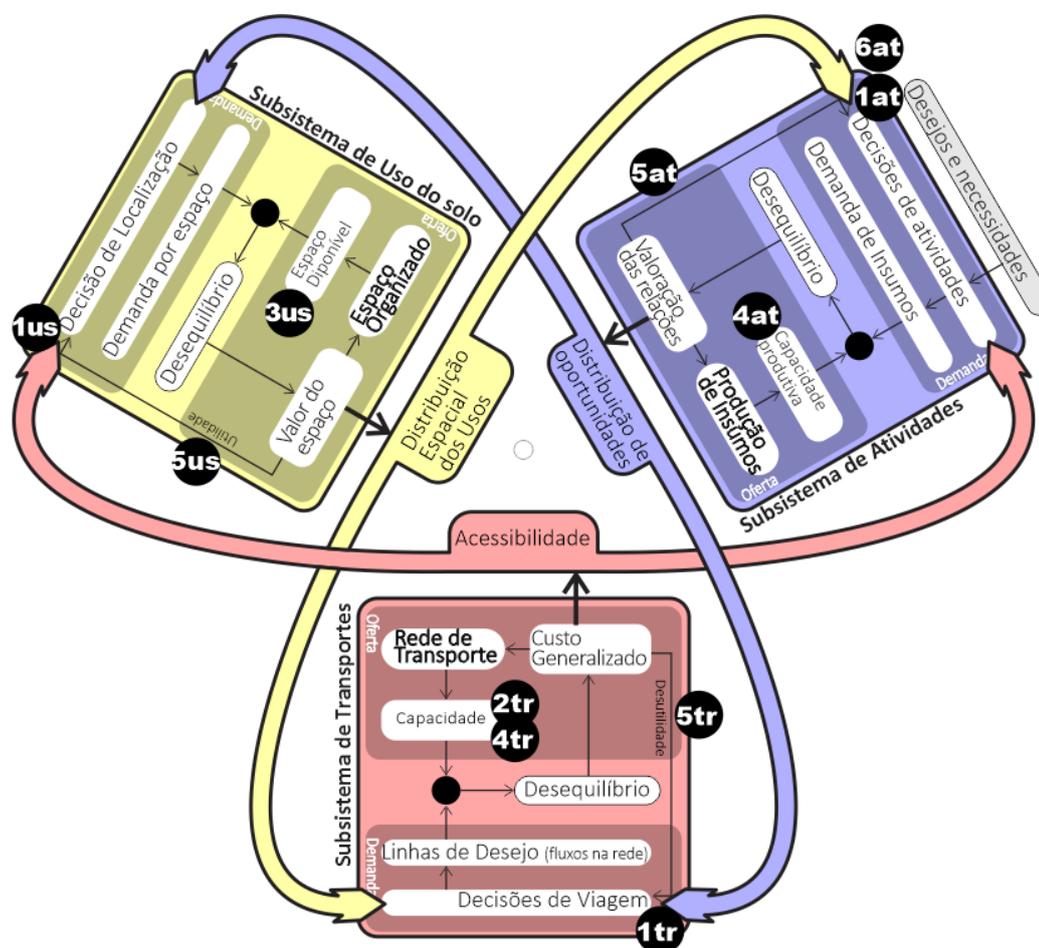
Fonte: Elaborada pelo autor.

As restrições de ordem *peçoal* (1) incidem sobre as decisões relativas aos três subsistemas (“at”, “us” e “tr”), que se definem pelas características dos usuários ou quaisquer atores decisores (Ex.: Renda, posses, condições físicas (de saúde), etc.). Restrições *infra-estruturais* (2) relacionam-se diretamente ao subsistema de transportes, na forma de dificuldades físicas para o acesso (Ex.: insuficiência das vias, incapacidade do sistema de transporte coletivo, inexistência da estrutura física ou operacional, etc.). As restrições (3) *locacionais* são impostas exclusivamente pelo sistema de uso do solo, que rege o posicionamento relativo das ocupações territoriais. Suas posições relativas podem ser interpretadas como um tipo de restrição à acessibilidade (Ex.: Distâncias entre os diversos usos localizados [casa e trabalho, proximidade com estacionamentos, terminais, etc.]). As restrições (4) *temporais* são entendidas como as limitações impostas pelos horários/períodos/épocas de funcionamento, tanto de atividades quanto de transportes. Dizem respeito também às dificuldades de sincronia entre os horários/datas de funcionamento das atividades (Ex.: Choque de horários entre atividades diversas e a jornada de trabalho convencional). Restrições (5) *econômicas* podem ser originadas em qualquer dos subsistemas, já que podem haver custos financeiros envolvidos nos deslocamentos, na ocupação do solo, ou na participação em atividades. (Ex.: Tarifação de transporte coletivo; valor do metro quadrado urbano, preço de ingressos do cinema). Por último, listamos aqui as restrições de ordem (6) *social*. Estas restrições dizem respeito às limitações impostas a (ou auto-impostas por) grupos sociais distintos, sejam eles definidos por gênero, idade, etc.

Estas categorias de restrições à acessibilidade podem ser identificadas sobre a representação do sistema urbano integrado, na forma do modelo ALUTI. Cada um dos problemas identificados está associado a algum elemento constituinte dos subsistemas em questão. Esta representação pode ser vista na Figura 31. As restrições da categoria pessoal, atuam diretamente na demanda dos subsistemas (1at, 1us e 1tr), influenciando as decisões dos atores. As restrições infraestrutural (2tr), locacional (3us) e temporais (4at e 4tr) relacionam-se diretamente à capacidade dos subsistemas, restringindo o acesso à oferta. As restrições econômicas (5at, 5us e 5tr) são definidas através da interpretação da valoração dos transportes, do espaço organizado e das relações, resultantes do desequilíbrio entre oferta e demanda. E por fim, as restrições sociais (6at)

dizem respeito a aspectos coletivos (culturais [ex.: Credo] ou naturais [Ex.: Idade]) de grupos sociais, que tem efeito sobre suas decisões por atividades.

Figura 31. Representação dos problemas no modelo ALUTI, por categorias de restrição.



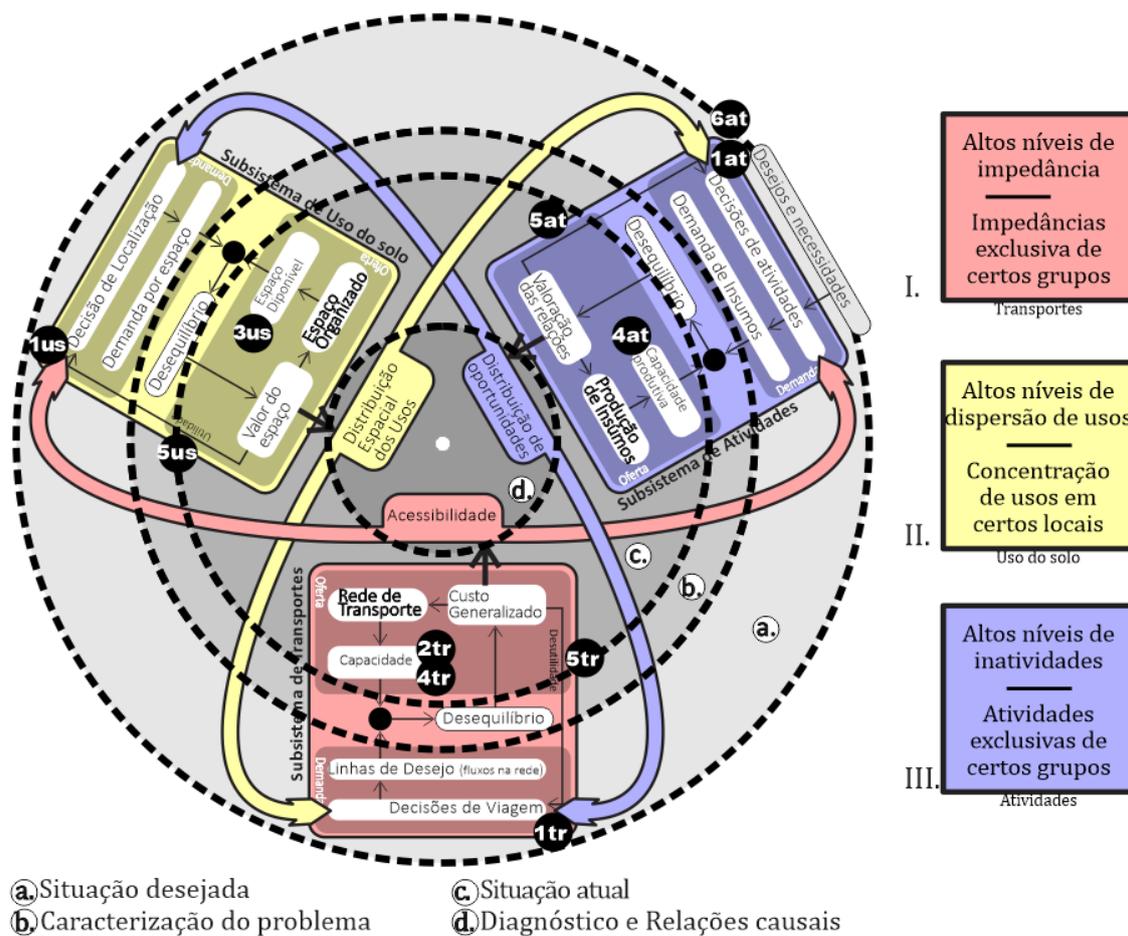
Fonte: Elaborada pelo autor.

Reconhecer estas restrições e localizá-las dentro do modelo ALUTI nos permite identificar que partes do sistema são afetadas pelas restrições, e de que modo elas finalmente influenciam os desequilíbrios através das decisões dos atores. Neste sentido, o modelo ALUTI contribui para o entendimento das relações de causas e efeitos, permitindo avaliarmos as relações entre as restrições segundo as premissas de causalidade adotadas pelo modelo. Em um último esforço de representação da problemática do planejamento da acessibilidade, pretendemos analisar as três representações de maneira conjunta.

### 5.2.4. Discussão de Resultados

Diante destas três abordagens distintas para a interpretação dos problemas de acessibilidade referentes ao planejamento urbano integrado, vislumbramos a possibilidade de cruzar as informações obtidas para que possamos avaliar se alguma nova informação pode ser deduzida. O primeiro passo é a construção de uma representação conjunta dos três resultados. Esta representação se inicia com a sobreposição dos esquemas resultantes dos itens anteriores (Figura 31 e 29). Em seguida, associamos a este novo esquema as informações obtidas da Figura 30, que descreve os problemas de acessibilidade a partir dos princípios norteadores. Esta representação do novo esquema pode ser vista na Figura 32.

Figura 32. Esquema resultante da interpretação das três abordagens de representação da problemática do planejamento urbano integrado, com foco na acessibilidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cruzamento dos resultados nos permite verificar a relação entre as categorias de problemas de acessibilidade, os elementos constituintes da interpretação de situação atual e situação desejada, e ainda a associação destas relações com a interpretação de causas e efeitos propostas pela representação dos problemas segundo os princípios e valores norteadores da prática do planejamento.

Visualmente (Figura 32), verificamos um alinhamento entre as categorias pessoal (1at, 1us e 1tr) e social (6at) de problemas e a interpretação da situação desejada para o sistema (faixa a.). Reconhecemos ainda um alinhamento entre as categorias de problemas infraestruturais (2tr), locacionais (3us) e temporais (4at e 4tr) com a interpretação da situação atual do sistema (faixa c.). A representação da identificação dos problemas (faixa b.), ou de desequilíbrio, é de onde surgem as avaliações de desempenho do sistema. A categoria de restrições econômica (5at, 5us e 5tr) surge de uma interpretação financeira deste desempenho. É deste desempenho, também, que podemos verificar tanto as bases para proposições de oferta dos sistemas, quanto as medidas de acessibilidade relativas aos valores e princípios norteadores (faixa d.).

Iniciando-se com as medidas de impacto, que têm a capacidade de interferir concomitantemente nas decisões dos atores acerca das demandas dos três subsistemas, e definem as relações de dependência entre os subsistemas, é possível verificar que:

- As **medidas de impacto** (representadas na faixa “d.” da figura 32) devem ser encaradas como importante ponto do esforço de representação da problemática. Elas representam a quantificação das restrições impostas por cada um dos subsistemas (quadros I, II e III). Além disto, personificam as relações de dependência (adotadas aqui como premissas de causalidade) entre subsistemas;

- Estas medidas de impacto são diretamente influenciadas pela valoração da relação oferta/demanda (**desequilíbrio**) na forma de medidas de desempenho, gerando efeitos sobre as porções de oferta do sistema; e permitindo ainda uma interpretação econômica desta valoração, na forma de categoria de restrições econômica (5at, 5us e 5tr).

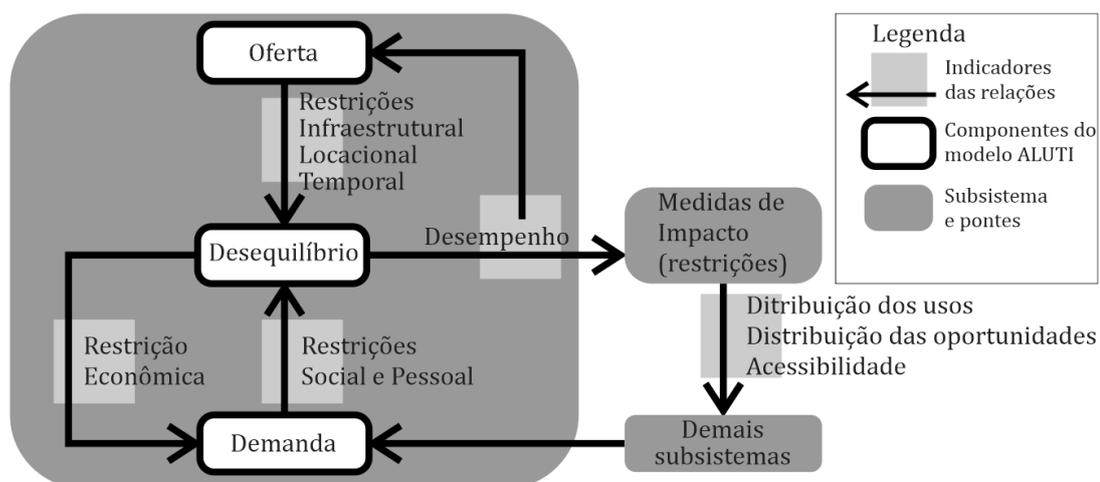
- Uma das porções necessárias para interpretar os desequilíbrios dos subsistemas, que culminarão nas medidas de desempenho, é a da **oferta** dos sistemas. Verificamos a associação desta porção de oferta do sistema às categorias de restrições infraestruturais (2tr), locacionais (3us) e temporais (4at e 4tr).

- A outra porção, necessária para a avaliação do desequilíbrio dos sistemas, é a da **demanda**. A esta porção estão associadas as categorias de restrições pessoal (1at, 1us e 1tr) e social (6at). Estas restrições referem-se às limitações impostas à fruição dos desejos e necessidades dos atores, individual ou coletivamente.

- Finalmente, as decisões dos atores, relativas à demanda de cada subsistema, são influenciadas diretamente por pelo menos duas restrições. Uma, referente à categoria de restrições econômicas, resultante da valoração dos sistemas, e outra, proveniente das medidas de restrição produzidas nos **demais subsistemas**, representadas pelas suas medidas de impacto.

Estas relações estão indicadas na Figura 32. A partir daquela representação, apresentamo-las de maneira simplificada na Figura 33.

Figura 33. Simplificação das relações entre o modelo ALUTI e as categorias de restrições de acessibilidade



Fonte: Elaborada pelo autor.

A única maneira de intervirmos no sistema, segundo o modelo ALUTI, é atuando na demanda ou na oferta de cada subsistema. É bem possível intervir diretamente na oferta, na medida em que podemos instalar ou desinstalar infraestrutura ou operações para cada subsistema; entretanto, intervir diretamente na demanda parece ser algo menos trivial. Desta maneira, reconhecemos que a interferência na demanda se dá através de relações de dependência previstas pelo modelo. Ex.: Através de alterações nos níveis de desempenho dos demais subsistemas. Atuar diretamente para a amenização

das restrições de acessibilidade de cada subsistema, segundo o modelo proposto, deveria surtir efeitos nos níveis de demanda dos demais subsistemas. Ex.: diminuições (em termos absolutos) nos níveis de impedâncias do sistema de transporte, associado a políticas de diminuição das disparidades do nível de impedâncias (em termos relativos) impostos a grupos socioeconômicos distintos, tem o poder de gerar uma alteração na percepção de nível de serviço do sistema que, quanto espacializada, influencia as decisões dos atores em relação às suas escolhas locais; e quanto distribuídos através da estrutura de relações socioeconômicas, altera as decisões de interações entre atividades. Portanto, as reduções das restrições de acessibilidade no sistema de transporte influenciam os níveis de demandas dos subsistemas de uso do solo e atividades.

Em resumo, os problemas são decorrentes dos desequilíbrios. Estes desequilíbrios ocorrem em consequência de um conjunto de restrições impostas à oferta e à demanda dos sistemas. Estas restrições são as responsáveis pelas diferenças entre a situação real e a situação desejada. Ao identificarmos as restrições como sendo subordinadas a um conjunto de princípios e valores, definimos aí o modo de entender o que é o desempenho do sistema, e somos capazes de reconhecer escapatórias para o ciclo vicioso de que são vítimas os planejamentos de subsistemas encerrados em si mesmos. Na abordagem limitada, encerrada nos próprios subsistemas, resta aos planejadores apenas atuar sobre a oferta, na tentativa de balancear as suas relações internas. Reconhecer a complexidade da problemática nos permite vislumbrar potenciais soluções para problemas de descompasso entre oferta e demanda de transportes, uso do solo e atividades, sem, em princípio, termos de abrir mão do desempenho de qualquer um dos subsistemas envolvidos, e menos ainda do motivo original pelo qual embarcamos nesta jornada de planejamento do sistema urbano integrado, que são a qualidade de vida e a justiça social.

Verificamos, à primeira vista, uma distribuição bem marcada das competências de cada indicador, de modo que todas as restrições, em algum momento, são contempladas. Entretanto, reconhecemos que nenhum dos indicadores é capaz de atender à representação de todas as restrições de uma só vez. Acreditamos que, para alcançarmos este nível abrangente de caracterização da problemática precisaríamos de um conjunto de indicadores que fossem complementares em sua capacidade de

caracterizar as restrições. Esta ideia corrobora a defesa que alguns autores fazem (GEURS e VAN WEE, 2004b; BERTOLINI, LE CLERCQ e KAPOEN, 2005; CURTIS e SCHEURER, 2010) da necessidade de incorporação de variadas perspectivas sobre acessibilidade em uma medida comum (que parece ser mais difícil de alcançar), ou a aplicação de variadas medidas de acessibilidade dentro de mesmo contexto. Geurs e van Wee (2004) ainda completam o raciocínio alertando que, ao incorporarmos várias medidas de acessibilidade, arriscamos alcançar um nível de complexidade e detalhe no esforço que pode torná-lo praticamente inviável. Esta escolha de indicadores depende de cada situação problema, que não se limita a problemas de acessibilidade, e da disponibilidade de dados para serem analisados.

### **5.3. Comentários Finais**

O modo como representamos os problemas decorre de três maneiras distintas de observá-los, dos pontos de vista da metodologia, da interpretação do igualitarismo e suficientismo, e da categorização de restrições de acessibilidade. Mesmo assim, verificamos na proposta do modelo ALUTI uma plataforma suficientemente estruturada para representar tal problemática. A contribuição proveniente da construção do modelo ALUTI recai principalmente sobre duas de suas características; a definição de quais elementos compõem este fenômeno, e suas premissas de causalidade, que nos permitem representar de maneira encadeada as dependências entre as restrições impostas à acessibilidade e os elementos que constituem o modelo.

Em seguida reconhecemos também, no esforço de aplicação do modelo, possíveis questionamentos quanto a influência de aspectos ideológicos. Evidentemente, em se tratando de um sistema de ideias legitimadoras para as decisões, a ideologia poderia ter sua participação identificada na construção dos valores e princípios norteadores do planejamento; entretanto, o modelo se mostra flexível o suficiente para se acomodar a qualquer conjunto ideológico, sendo, portanto, uma ferramenta “neutra”. As construções ideológicas que, porventura, rejam a ferramenta não está construído na ferramenta, mas fora dela, em um âmbito de debate político em que a ferramenta se insere. Isto reforça a solidez do modelo como ferramenta confiável. Nele, representamos a problemática de tal modo a facilitar a interpretação da condição complexa da cidade.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este documento representa o esforço de um processo de pesquisa prioritariamente conceitual. Isto significa que todos os desafios aqui enfrentados, por mais embasados que fossem na realidade, trazem uma contribuição mais forte para o campo das ideias, do que das práticas. Neste sentido, entendemos que a evolução teórica das ideias é um passo fundamental para a melhoria das práticas e técnicas. Pudemos ainda, a partir dos resultados e questionamentos obtidos deste esforço de pesquisa, reconhecer a fundamental importância deste tipo de contribuição, que entendemos como essencial para a evolução do conhecimento.

Nosso interesse, desde o princípio deste trabalho, foi tentar nos aproximarmos de uma explicação mais consistente e confiável do fenômeno urbano através da sua modelagem. Desta maneira, antes de ingressarmos no trato prático do fenômeno em si, resolvemos observá-lo, reconhecer sua lógica, e tentar (tanto quanto possível) sistematizá-lo em teoria, na forma de modelo. Nos valem de princípios básicos “*a priori*” (que poderíamos interpretar a partir de nossos axiomas) para o desdobramento do conhecimento sobre o fenômeno da integração entre os sistemas urbanos. Avançamos com tais conhecimentos a novos níveis de entendimento, com o auxílio de suposições que verificáveis na realidade, sobre a natureza das ações envolvidas em tal sistema complexo.

Uma vez definido o escopo da contribuição, torna-se possível descrevermos os principais pontos de avanço do conhecimento possibilitados pela pesquisa. Se já descrevemos, ao longo do trabalho, as conclusões obtidas nas suas diversas partes, partindo de cada um dos resultados alcançados, resta-nos ainda compilar tais avanços em pelo menos três formas, na forma de conclusões, de limitações de nossos esforços e como questões futuras, oriundas desta pesquisa.

### 6.1. Conclusões

Iniciamos os esforços de pesquisa reconhecendo o caminho para a nossa contribuição na imagem de um modelo aplicável. Nas primeiras aproximações de modelos existentes, em especial a proposta de Cascetta para a representação das relações entre

transportes e atividades, percebemos que lidar com as complexas relações do sistema urbano exigiria um conjunto de reinterpretções dos fenômenos que a constituem. Adicionalmente, necessitamos de um embasamento mais aprofundado de como tais fenômenos já haviam sido interpretados pela comunidade que trata do planejamento integrado, em especial dos modelos LUTI (de integração entre transporte e uso do solo). Desta constatação surgiram as primeiras questões de pesquisa, de onde obtivemos os principais resultados. Destacamos, a partir desta observação três contribuições: a representação do fenômeno urbano, seus subsistemas formadores e como estes se associam; a interpretação de como os elementos constituintes deste fenômeno se influenciam mutuamente; e a tentativa de caracterizar e diagnosticar as relações de dependência existentes entre os diversos elementos formadores do fenômeno de interesse em uma explícita representação quantificável.

### **6.1.1. Representação do Fenômeno de Interesse**

A consolidação das dimensões que limitam a interpretação do planejamento urbano integrado foi crucial para o reconhecimento dos subsistemas formadores e para a interpretação dos valores e princípios norteadores do processo de planejamento. O modelo “*a priori*” representa o salto interpretativo que deu origem a toda a construção conceitual apresentada aqui. Sem este salto, a construção do modelo ALUTI teria sido muito mais difícil. Concluímos, daí, que várias vantagens são apresentadas a partir da representação do fenômeno de interesse, primeiro na forma do modelo “*a priori*”, e, em seguida, na construção do modelo ALUTI. Esta representação nos permite, desde a possibilidade de se visualizar relações diretas de dependência entre os três subsistemas, até o suporte para o isolamento (se necessário) de ciclos reativos específicos, tanto dentro (relações de oferta e demanda e medidas de desempenho), quanto entre os subsistemas (através das medidas de impacto). Acreditamos na capacidade deste modelo de representar, dentro das suas limitações, muitos dos fenômenos que tangem a interação dos subsistemas estudados (deslocamentos, localizações e interações).

Pelo fato de se tratar de um modelo simplificado, reconhecemos a necessidade de esclarecimento sobre como ele pode ser interpretado e utilizado. Alguns dos seus possíveis usos estão descritos no capítulo 5, mas a sua utilização como ferramenta

interpretativa da realidade pode ser aplicada em diversas situações distintas, ou mesmo únicas. A ferramenta se mostra aberta para ser utilizada dentro de vários vieses possíveis de aproximação, tornando a tarefa de representá-los todos difícil de cumprir. Sua constituição, baseada na abordagem complexa da cidade, é moldável a situações problema. Isto significa que o trato dos problemas urbanos, enquanto emanados de grupos distintos de atores em situações distintas, pode ser representado, caracterizado e diagnosticado utilizando-se o modelo ALUTI. Ele não se limita a representar problemas “tradicionais”, já que se constrói sobre um entendimento fundamental das composições e relações do fenômeno da cidade, e não em casos concretos.

### ***6.1.2. Relações de dependência (influências mútuas)***

Da percepção de como os modelos integrados de uso do solo e transportes (LUTI) reconhecem as interações entre elementos do sistema urbano, podemos concluir que ainda falta à literatura uma maior abertura para o entendimento da cidade do ponto de vista urbanístico. Os aspectos da conformação espacial das cidades, tais como sua morfologia, sua história ou mesmo o conforto do espaço urbano, são, se não totalmente, altamente negligenciados nas abordagens mais corriqueiras. Só percebemos uma aproximação com os aspectos humanos do espaço no momento em que a interpretação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental são tratadas diretamente. O modelo ALUTI proposto, diferentemente dos que reconhecem uma maior importância centrada na função “deslocamento”, pode partir da avaliação de desequilíbrios em qualquer um dos subsistemas (seja relativo aos deslocamentos, às localizações ou às relações socioeconômicas na forma de atividades).

Acreditamos na necessidade de incorporar à modelagem do espaço urbano aspectos mais humanos. O modelo ALUTI permite este tipo de inserção através da construção de modelagens que representam os diversos tipos de restrições. Concluímos, portanto, que se há um elemento responsável pelas relações de dependência entre os vários elementos constituintes do sistema urbano, bem como entre seus subsistemas, este elemento é a restrição às oportunidades de deslocamentos, de localizações e de interações socioeconômicas. Por este motivo, depositamos na interpretação da acessibilidade, em sua acepção mais ampla, a esperança de conseguirmos representar complexamente a

integração dos subsistemas. Acreditamos que através da mensuração destas restrições, com a utilização de indicadores bem construídos, podemos reconhecer para onde nossos esforços de planejamento devem ser direcionados.

### ***6.1.3. Diagnóstico dos Problemas***

Este trabalho reforça a ideia de que a etapa de diagnóstico, tratada aqui como fase fundamental do planejamento em nível estratégico, é principalmente dependente da caracterização (quantificação/qualificação) dos problemas e das suas relações de dependência. As conclusões mais diretas são de que as dependências ocorrem através de medidas de restrições aplicáveis a cada um dos elementos formadores dos subsistemas. Portanto, ao medirmos cada um dos elementos, e quantificarmos as suas relações com outros elementos, podemos alcançar um maior grau de entendimento do funcionamento do sistema. Em posse deste tipo de entendimento, torna-se mais fácil a construção de objetivos, que é a fase seguinte (em nível tático) do planejamento.

A representação do modelo ALUTI, proposta para o funcionamento dos subsistemas, nos permitiu representar tanto as relações entre elementos quanto associá-las a medidas de restrições à acessibilidade, tendo aí um papel fundamental. Desta representação passa a ser possível a averiguação de quais indicadores nos permitiriam descrever melhor as suas relações mútuas. Se o objetivo final do planejamento é o auxílio à tomada de decisão, então acreditamos que um melhor conhecimento sobre a realidade, seus elementos e as suas relações de dependência nos permitiria escolher melhor os alvos das decisões (políticas públicas, por exemplo) para que o objetivo maior (que traçamos aqui como sendo a justiça social e a qualidade de vida) seja alcançado de maneira mais equânime, sustentável e efetiva possível.

Finalmente, como um resumo dos três itens acima listados, apontamos pelo menos as duas conclusões mais importantes alcançadas. Primeira, planejar para a acessibilidade parece ser uma direção bastante interessante para se garantirmos a transdisciplinaridade. Seu poder aglutinador nos permite contemplar aspectos importantes da mobilidade (transportes), da ocupação (uso do solo) e das interações (atividades). Esta constatação reforça a certeza na aposta do planejamento da

acessibilidade como a nova barreira evolutiva a se consolidar. Precisamos apenas reforçar que acessibilidade não se restringe a movimentos, mas sim a possibilidade de participação nas oportunidades, sejam elas espaciais, sociais, econômicas, culturais, etc. Esta adoção da acessibilidade como caminho para a modelagem complexa é o método escolhido na construção do modelo ALUTI, no qual tal indicador é tratado de maneira bastante abrangente. Segunda, os esforços de modelagem LUTI (reconhecidos por nós como muito importantes para as etapas de, representação, caracterização e diagnóstico de problemas urbanos) apresenta-se na literatura especializada ainda muito voltado para certas temáticas que orbitam os interesses dos planejadores de transportes. Entretanto, no esforço de construção do modelo ALUTI, reconhecemos que, da maneira como os problemas são entendidos e modelados, abrem-se portas para a avaliação de questões oriundas dos demais subsistemas. Entretanto, nos falta um último esforço de validação da modelagem conceitual e a consequente construção de ferramental quantitativo e qualitativo que represente nossa interpretação das relações entre subsistemas e seus elementos.

## **6.2. Limitações da Pesquisa**

O principal produto desta tese é o modelo ALUTI, uma interpretação conceitual do funcionamento do sistema urbano do ponto de vista complexo. Este tipo de interpretação é reconhecida por nós como indispensável no processo de entendimento da realidade, e o modelo ALUTI proposto é visto, dentro desta lógica, como uma ferramenta importante para a elaboração do planejamento urbano integrado. Ele concentra em uma única ferramenta: a interpretação e representação dos subsistemas componentes do sistema urbano e suas relações mútuas; os elementos constituintes de cada subsistema, suas inter-relações; e as pontes de comunicação entre cada elemento, além de assumir uma lógica microeconômica suficientemente sólida de funcionamento do sistema urbano. Mais ainda, do ponto de vista metodológico do planejamento, a modelagem conceitual mostra-se potencial ferramenta de facilitação da comunicação entre atores, principalmente entre as comunidades técnico-científicas.

Nosso estudo defende a ideia de que a elaboração apriorística de alternativas de soluções é desaconselhável, e que somente através de um melhor entendimento da

realidade e dos problemas seremos capazes de tomar boas decisões. A proposta apresentada tem seus esforços na interpretação dos problemas como centro do processo de planejamento. Identificar problemas exige uma apreensão multifacetada da realidade, que neste momento só conseguimos visualizar como sendo resultante de um processo que incorpore as visões de todos os atores envolvidos. Mais do que incorporar suas visões, acreditamos que é preciso definirmos um meio pelo qual as decisões decorrentes do processo de planejamento contemplem suficientemente bem tais visões, de onde decorrem as percepções de problemas. Para além disso, reconhecemos a necessidade de explicitarmos a importância e gravidade de cada problema apontado (e enfrentado) por cada grupo de atores distinto a todos os grupos participantes. Para estes desafios ainda precisamos de ferramentas.

Diante de tantos desafios resolvemos destacar os dois que nos parecem exercer maior influência sobre como estudamos, entendemos e praticamos o planejamento integrado. O primeiro é a dificuldade que as comunidades científicas e técnicas têm de reconhecer a importância dos diversos atores envolvidos no processo de construção e consolidação das cidades. O segundo é na dificuldade de aproximação das comunidades técnico/científicas especializadas em campos do conhecimento distintos. Precisamos desenvolver maneiras de quebrar estas barreiras, seja pela boa comunicação entre os atores partícipes ou através de métodos estruturados que prescindam desta comunicação. A nós, a primeira solução parece mais plausível e desejável.

A primeira dificuldade, de incorporar os atores partícipes do sistema, parece ainda ser um resquício do pensamento positivista, que lançou as bases do pensamento científico cartesiano. O técnico/cientista era o detentor do conhecimento e recaía sobre ele a responsabilidade de elaborar soluções para o mundo que o rodeava. Entretanto, apontamos neste trabalho para uma situação crítica, passível de acontecer dentro desta postura positivista, de a solução “ideal”, apontada pelo técnico, ser insuficiente quando apontada para o problema errado. Reconhecemos aqui a importância de dois aspectos a serem incorporados às práticas do planejamento. O primeiro, que já vem sendo praticado a mais de duas décadas no mundo, é a incorporação dos usuários finais do sistema urbano (os vários atores) dentro do processo de planejamento. Esta prática, por mais que esteja na pauta dos planejadores há décadas, continua carente de metodologias claras para que sua implementação se dê de maneira satisfatória. O segundo é a adoção de uma prática de

planejamento que seja voltada prioritariamente para os problemas a serem resolvidos e não para as soluções disponíveis (abordagens apriorísticas). Esta dificuldade pode ser vista estampada nos esquemas que ilustram propostas metodológicas de planejamento, mas se mostra mais evidente na tradução do plano em prática. O modelo ALUTI baseia-se não apenas na concentração dos esforços em torno de problemas decorrentes dos diversos subsistemas, mas também num maior protagonismo dos atores envolvidos, de onde emanam desejos e necessidades e os quais tomam decisões na construção do fenômeno urbano, que tentamos representar.

A segunda dificuldade é constituída pelos desafios de comunicação entre comunidades técnico/científicas. O fato de um mesmo fenômeno (em nosso caso a cidade) ser estudada separadamente por dezenas de comunidades científicas distintas nos ajuda a deduzir duas coisas. A primeira é que tal fenômeno é complexo o suficiente para alimentar estes vários pontos de vista distintos, gerando questões que nos parecem tão antagônicas quanto seus aspectos técnicos, políticos e econômicos possam ser umas das outras. A segunda é que grupos independentes com interesses diferentes, linguajar incompatível e incapazes de reconhecer a interconectividades de seus conhecimentos com os das demais áreas de conhecimento, muito dificilmente seriam capazes de desenvolver práticas que permitissem o trato do fenômeno urbano de forma mais completa e integrada. Acreditamos, finalmente que o sucesso desta comunicação depende da capacidade de representação dos problemas, e envolve prioritariamente a possibilidade de que cada grupo de indivíduos reconheça as dificuldades e desafios dos demais grupos, sua importância e suas relações mutuas de dependência, mesmo que de forma simplificada.

A junção destas duas dificuldades acaba por gerar uma condição desvantajosa para a solução dos reais problemas urbanos. Quando tomamos soluções como ponto de partida das práticas do planejamento (em detrimento dos problemas) corremos o risco de dispormos decisões preconcebidas contraditórias, mesmo que elas atuem sobre a mesma problemática, e os mesmos atores. Este é o efeito mais direto que estas duas dificuldades podem nos gerar. Poderíamos ainda assumir que esforços separados, compartimentalizados em disciplinas que pouco se comunicam, eventualmente encontrarão barreiras teóricas e práticas para a evolução do conhecimento, o que poderia significar maiores dificuldades em identificarmos e resolvermos nossos problemas.

Atuando desta maneira teríamos sistemas urbanos com tendência ao desequilíbrio crescente (e potencial colapso), e sem expectativas de soluções justas e duradouras. Como parte da solução a estes problemas não abdicamos da necessidade de se aplicar uma metodologia condizente com a complexidade do desafio.

Diante deste quadro devemos reconhecer que ainda estamos dando os primeiros passos na direção de uma interpretação mais integrada da realidade das cidades. Quando falamos nas dificuldades de comunicação, nos referimos à dificuldade que temos em compartilhar entre as diversas comunidades científicas as ferramentas, as interpretações dos problemas e, conseqüentemente, as soluções que porventura derivem destes esforços. Vemos algum mérito na proposta de modelo ALUTI apresentada. Não só comprovamos a capacidade do modelo de representar problemas comuns a, pelo menos, os três subsistemas avaliados, como verificamos também a capacidade do modelo de apontar para como iniciarmos uma quantificação transdisciplinar da realidade (através da interpretação dos elementos constituintes do sistema e das suas relações). Vemos também neste modelo uma chance para uma comunicação mais direta entre comunidades, uma representação mais sólida e unificada de problemas comuns a distintas comunidades e para construirmos passos mais firmes em direção a decisões técnicas reconhecendo a complexidade da cidade. Entretanto, devemos reconhecer uma limitação importante do modelo LAUTI proposto. Mesmo com a demonstração conceitual de sua aplicabilidade, assumimos a dificuldade de se desenvolver uma validação objetiva do modelo como grave barreira a ser vencida. Uma validação empiricamente embasada dotaria o modelo de uma maior confiabilidade em sua aplicação, e nos daria espaço para questionar e, conseqüentemente aprimorar a modelagem, tornando-a inclusive mais precisa. A dificuldade da validação pode ser encontrada em vários fatores, mas em especial na quantidade enorme de tipos de relações, e na sua natureza complexa, bem como na possibilidade de associação de inúmeros indicadores a cada tipo de relação prevista pelo modelo. Esta última característica significa que a validação de cada relação se daria individualmente para cada fenômeno modelado, dificultando a construção de uma validação geral do modelo.

### 6.3. Questões para Trabalhos Futuros

Muitas das questões e limitações dos modelos e teorias aqui desenvolvidas e discutidas foram apresentadas ao longo dos capítulos anteriores. Resta-nos ainda muitos arremates sobre estas questões que porventura não tenham sido levantados anteriormente. Destes arremates citamos aquelas questões que nos parecem mais pertinentes, às evoluções futuras do atual trabalho:

*- De que maneira as demais disciplinas, representadas na figura de suas comunidades científicas, vão receber estas contribuições, e como suas considerações poderão construir uma interpretação mais abrangente da realidade?*

Sabemos que vários grupos trabalham em paralelo no desenvolvimento de técnicas, indicadores, metodologias e novas teorias para a representação do fenômeno urbano. Associa-se a isto a própria limitação da prática da presente pesquisa, que buscou na figura dos modelos identificados como “integrados” sua principal fonte de dados. A atualização transdisciplinar da revisão de modelos poderia nos auxiliar na busca de soluções para as lacunas deixadas pelos nossos modelos conceituais. A apropriação, por parte destas outras comunidades, do modelo proposto aqui seria um ótimo caminho para o aprimoramento de suas constatações sobre a realidade.

*- Será que a linguagem aqui utilizada para descrever o fenômeno urbano é acessível às demais áreas de conhecimento que pretendemos alcançar?*

Uma pergunta se apresenta desde o início dos trabalhos e que ainda não se mostrou completamente respondida. Entendemos que um conjunto de terminologias e modos de abordagem deveriam ser “normatizadas” (padronizadas) para que a linguagem se torne mais clara entre disciplinas diferentes. Neste intuito, tentamos nos aproximar das comunidades dos planejadores de transportes e de uso do solo, tendo estas duas como ponto de partida para uma expansão desta “uniformização” da linguagem. Contamos ainda com a participação de geógrafos nas discussões de conceitos básicos das ideias aqui apresentadas. Constatamos que, as ideias aqui expressas estão apresentadas em linguagem simples e objetiva, os conceitos estão descritos e são passíveis de críticas e melhoramentos.

*- Como podemos construir um experimento para a calibração e validação das teorias desenvolvidas neste trabalho?*

Devido à limitação imposta pela abordagem desta pesquisa, mais focada no campo das ideias e menos no campo das práticas, verificamos ainda bastante espaço para contribuições de ordem experimental. As constatações expressas aqui são embasadas em experiências indiretas, constantes na literatura especializada, e, portanto, são embasadas na realidade. Entretanto, podemos supor que, a partir das contribuições, sugestões, abordagem e evoluções nas interpretações dos fenômenos de estudo contidas aqui, necessitaremos de uma fase de “calibração”. Esta fase deveria ser composta por uma maior aproximação das ideias com os dados reais, colhidos na cidade. Aproximar-se desta realidade significa: identificar atores e problemas vinculados àquela realidade, caracterizar a realidade a partir dos problemas, e finalmente diagnosticar causas e efeitos dos problemas, tudo através do uso do modelo ALUTI.

*- O que nos falta para transformarmos estas ideias em uma ferramenta computacional, de aplicação facilitada e acessível a qualquer planejador/modelador?*

As contribuições conceituais e teóricas apresentadas aqui podem, ou mesmo, devem servir de base para a construção de modelos computacionais, simuladores, etc., entretanto, os avanços apresentados ao longo dos 5 capítulos de desenvolvimento deste trabalho vão muito além daquilo necessário para o desenvolvimento de tais ferramentas. Tentamos, com este trabalho, manter aberta, ou mesmo alargar a porta da evolução metodológica do planejamento urbano participativo, através do reconhecimento do problema como centro do planejamento e derivado diretamente da percepção de cada ator envolvido. A conceituação sobre a interação entre subsistemas, associada a uma proposta metodológica de diagnóstico, como a apresentada no capítulo 5, fortalece este compromisso. Reconhecemos nas ferramentas computacionais o caminho natural, reconhecido a partir das decisões trilhadas pela ciência nas últimas décadas, mas vislumbramos as contribuições deste trabalho indo muito além da mera implementação de indicadores e suas relações em algoritmos matemáticos e computacionais. A verdadeira contribuição contida aqui é humana e interpretativa.

*- Quais são os desafios para que possamos colocar em prática as ideias expressas aqui?*

Esta tarefa não nos parece muito difícil, entretanto reconhecemos a necessidade de um conjunto de condições para que isto aconteça. Primeiro, devemos entender o que significa “colocar em prática estas ideias”. Antes de pensarmos em uma

transformação profunda na forma da cidade, precisamos pensar nas transformações de ordem conceitual, ou do conhecimento. Estão expressas neste trabalho um conjunto de ideias, argumentos e representações que podem contribuir com a discussão das ideias relativas ao entendimento fenomenológico e metodológico dos problemas urbanos. Se o exposto aqui ajudar a alcançarmos qualquer avanço em alguma destas ordens considera-se aí uma aplicação suficiente. Em seguida, ainda podemos pensar em formas práticas de implementação a partir do fato de as ideias aqui expostas estarem organizadas e subdivididas em conjuntos de contribuições (na modelagem, na representação, na caracterização, e as subcategorias destas várias contribuições). Isto significa que há diferentes potenciais de aplicabilidade do trabalho, na forma de implementação de métodos e políticas. A segunda condição é que, a aplicação pode tomar forma na própria evolução da pesquisa, que já aponta para um conjunto de possíveis desdobramentos acadêmicos. Vislumbramos a curto prazo, a aplicação das contribuições aqui contidas em um esforço de estudo de caso.

## REFERÊNCIAS

- ANAS, A.; ARNOTT, R. The Chicago prototype housing market model with tenure choice and its policy implications. **Journal of Housing Research**, v. 5, n. 1, p. 23 - 90, 1994.
- ARENTZE, T. A.; TIMMERMANS, H. P. **A new Theory of dynamic activity generation**. Transportation Research Board 85th Annual Meeting. Washington DC: [s.n.]. 2006. p. 1 - 26.
- ARENTZE, T. A.; TIMMERMANS, H. P. A need-based model of multi-day, multi-person activity generation. **Transport Research part B: Methodological**, v. 43, n. 2, p. 251 - 265, 2009.
- AZEVEDO FILHO, M. **Análise do processo de Planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, EESC-USP. São Carlos. 2012.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, p. 73-80, 2008.
- BANKS, C. What is modeling and simulation? In: SOKOLOWSKI, J. A.; BANKS, C. M. **Principles of Modeling and Simulation: A multidisciplinary approach**. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2009.
- BATTY, M. **Cities and complexity: Understanding cities with cellular automata, agent-based models and fractals**. Cambridge: The MIT Press, 2005.
- BATTY, M. Building a science of cities. **Cities**, v. 29, n. supplement 1, p. s9 - s16, 2012.
- BATTY, M.; MARSHAL, S. Centenary paper - The evolution of cities: Geddes, Abercrombie and the new physicalism. **Town Planning Review**, v. 80, n. 6, p. 551 - 574, 2009.
- BEDER, S. Costing the Earth: Equity, Sustainable Development and Environmental Economics. **New Zealand Journal of Environmental Law**, v. 4, p. 227-243, 2000.
- BERTOLINI, L.; LE CLERCQ, F.; KAPOEN, L. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. **Transport Policy**, v. 12(3), p. 207-220, 2005.
- BHAT, C.; HANDY, S.; KOCKLEUMAN, K.; MAHMASSANI, H.; CHEN, Q.; WESTON, L. **Urban Accessibility index: Literature Review**. University of Texas, Austin (TX). Austin, Texas. 2000.
- BRUTON, M. J. **Introdução ao Planejamento dos Transportes**. 2a. ed. São Paulo: Interciencia, 1979.
- BUNGE, M. **Treatise on Basic Philosophy - Ontology II: A world of Systems**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1979.
- CASCETTA, E. **Transportation System Analysis: Models and Applications**. 2nd. ed. New York: Springer, v. 29, 2009.

CASTELLS, M. **The rise of the network society: economy, society and culture**. Cambridge: Blackwell Publishing, 1996.

CERDÁ, I. **Teoría General de la Urbanización: Y aplicación de sus principios y doctrinas a la Reforma y Ensanche de Barcelona**. Madrid: Imprenta Española (Edición facsímil a cargo del Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1968.), v. I, 1867.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design. **Transportation Research Part D**, v. 2, n. 3, p. 199 - 219, 1997.

CHADWICK, G. F. **A systems view of planning**. Oxford, UK: Pergamon Press, 1971.

CHOAY, F. **O Urbanismo: Utopias e Realidades, uma Antologia**. São Paulo: Perspectiva, 5ª Ed. 2003.

CHURCH, A.; FROST, M.; SULLIVAN, K. Transport and social exclusion in London. **Transport Policy**, v. 7, n. 3, p. 195-205, 2000.

CIAM. **Carta de Atenas**. Congresso Internacional de Arquitetura Moderna. Atenas: IPHAN. 1933.

COLTRO, A. A Fenomenologia: um enfoque metodológico para além da modernidade. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 11, p. 37-45, Jn/Feb/Mar 2000.

COPPOLA, P.; NUZZOLO, A. Changing accessibility, dwelling price and the spatial distribution of socio-economic activities. **Research in Transportation Economics**, v. 31, p. 63-71, 2011. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/retrec](http://www.elsevier.com/locate/retrec)>.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 3a. ed. [S.l.]: Editora Ática, 1995. 116 p.

CROZET, Y. **The prospects for inter-urban travel demand**. Discussion Paper 2009. Madrid: 18th International Transport Research Symposium. 2009.

CURTIS, C. Planning for sustainability: The implementation challenge. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 104 - 112, 2008.

CURTIS, C.; SCHEURER, J. Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. **Progress in Planning**, v. 74, p. 53 - 106, 2010.

DANTAS, E. **Metodologia para Avaliação Estratégica da Acessibilidade em Redes de Transportes Urbanos, Incorporando o Princípio da Equidade**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015.

DE LA BARRA, T. **Integrated land-use and transport modeling: Decision chains and hierarchies**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

DE VOS, J.; WITLOX, F. Transportation policy as spatial planning tool; reducing urban sprawl by increasing travel cost and clustering infrastructure and public transportation. **Journal of Transport Geography**, v. 33, p. 117-125, 2013.

DEMONTIS, A.; REGGIANI, A. Cities special section on "Analysis and Planning of Urban Settlements: Role of Accessibility". **Cities**, v. 30, p. 1-3, 22 August 2012. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/cities>>.

DUARTE, F. Planejamento Urbano. Curitiba: IBPEX, 2007

ECHENIQUE, M. H., D. CROWTHER, e LINDSAY, W. A spatial model of urban stock and activity. **Regional Studies** 3:281-312, 1969.

EBENEZER, H. **Garden Cities of Tomorrow**. London: S. Sonnenschein & Co., Ltd., 1902.

FAISNTAIN, S. Urban Planning. **Encyclopædia Britannica Online**, 2015. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/619445/urban-planning/258088/Changing-objectives>>. Acesso em: 27 May 2015.

FRANK, L. D.; PIVO, G. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single occupant vehicles, transit, and walking. **Transportation Research Record**, n. 1466, p. 44 - 52, 1994.

FREITAS, L. D.; MORIN, E.; NICOLESCU, B. **Carta da Transdisciplinaridade**. Primeiro Congresso Mundial da Transdisciplinaridade. Portugal, Convento da Arrábida, 6 de novembro de 1994.

GARCIA, C.; **Strategic Assessment of Accessibility in Urban Mobility Networks**. Instituto Superior Tecnico - Tese de Doutorado. Lisboa. 2015.

GARCIA, C.; MACÁRIO, R.; LOUREIRO, C. F. G. **The Role of Assessment in the Urban Mobility Planning Process**. 13th WCTR. Rio de Janeiro: Anais. 2013.

GEDDES, P. **Cities in Evolution**. London: Williams & Norgate, 1915.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, p. 127-140, 2004b.

GEURS, K.; VAN ECK, J. R. **Accessibility measure: review and application**. National Institute of Public Health and the Environment - RIVM report 408505-006. Utrecht. 2001.

GEURS, K.; VAN WEE, B. Landuse/transport interaction models as tools for sustainability impact assessment of transport investment: Review and research perspective. **European Journal of Transport and Infrastructure Research - EJTIR**, v. 4, n. 3, p. 333-355, 2004a.

GORDON, P. Densities, urban form and travel behavior. **Town and Country**, v. 66, n. 9, p. 239 - 241, 1997.

GOULIAS, K. G. (Ed.). **Transportation System Planning: Methods and application**. Boca Raton: CRC Press, 2003.

HALDEN, D. The use and abuse of accessibility measures in UK passenger transport planning.. **Research in Transportation Business & Management** , v. 2 , p. 12–19, 2011.

HALL, P.; TEWDWR-JONES, M. **Urban and Regional Planning**. 5th. ed. New York: Routhledge, 2010.

HANDY, S. Planning For Accessibility: In Theory And In Practice. In: LEVINSON, D. M.; KRIZEK, K. J. **Access to Destinati**. [S.l.]: Elsevier, 2005. p. 131 -.

HANSEN, W. G. How accessibility shapes land use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, p. 73-76, 1959.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HOBBS, F.; STOOPS, N. **Demographic Trends in the 20th Century: Census 2000 Special Reports**. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2002.

HUANG, Q.; PARKER, D. C.; FILATOVA, T.; SUN, S. A review of urban residential choice models using agent-based modeling. **Environment and Planning B: Plannng and Design**, v. 41, n. 4, p. 661-689, 2014.

HULL, A.; SILVA, C.; BERTOLINI, L. **Accessibility Instruments for Planning Practice**. [S.l.]: ESF - European Science Fundation, 2012. COST Action TU1002.

HUNT, J. D.; KRIGER, D. S.; MILLER, E. J. Current Operational Urban Land-use-transport Modeling Frameworks: a review. **Transport Reviews**, v. 25, n. 3, p. 329-376, 2005.

IACONO, M.; LEVINSON, D.; EL-GENEIDY, A. Models of transportation and land use change: A guide to the territory. **Journal of Planning Literature**, v. 22, n. 4, p. 323-340, 2008.

JACOBS, J. **The death and life of great american cities**. [S.l.]: Modern library, 1961.

JONES, P. Influence of different paradigms on transport research and policy agendas. **41st Annual Conference University College**. London: University Transport Studies Group, 2009.

KAISER, E. J.; GOLDSCHALK, D. R.; CHAPIN, F. S. **Urban land use planning**. 5th. ed. [S.l.]: University of Illunois Press, 1995.

KENYON, S.; LYONS, G.; RAFFERTY, J. Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. **Journal of Transport Geography**, v. 10, n. 3, p. 207-219, 2002.

KITAMURA, R. **Applications of Models of Activity Behavior for Activity Based Demand Forecasting**. US Department of Transportation. Washington DC. 1996. (Report DOT-T-97-17).

KLINGER, T.; KENWORTHY, J. R.; LANZENDORF, M. Dimensions of urban mobility cultures – a comparison of German cities. **Journal of Transport Geography**, v. 31, p. 18 - 29, 2013.

LE CLERCQ, F.; BERTOLINI, L. Achieving Sustainable Accessibility: An Evaluation of Policy Measures in the Amsterdam Area. **BUILT ENVIRONMENT**, v. 29, n. 1, p. 36-47, 2013.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.

LEVINE, J.; GRAB, Y. Congestion pricing's conditional promise: promotion of accessibility or mobility. **Transport Policy**, v. 9, p. 179-188, 2002.

LITMAN, T. **Evaluating Accessibility for Transportation Planning: Measuring People's Ability To Reach Desired Goods and Activities**. Victoria Transport Policy Institute. Victoria, p. 50. 2012.

LITMAN, T. A.. **Land use impacts on transport: How land use factors affect travel behavior**. Victoria Transport Policy Institute. Victoria. 2015.

LOWRY, I. **A model of Metropolis**. Rand Corporation. Santa Monica - CA. 1964.

LUCAS, K.; VAN WEE, B.; MAAT, K. A method to evaluate equitable accessibility: Combining ethical theories and accessibility-based approaches. **Transportation**, 2015.

LYNCH, K. **The image of the city**. [S.l.]: MIT Press, v. 11, 1960.

MACÁRIO, R. **Quality management in urban mobility systems: an integrated approach**. PhD, Instituto Superior Técnico. Lisboa. 2005.

MACÁRIO, R. **What is Strategy in Urban Mobility System?** 10th Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport. [S.l.]: [s.n.]. 2007.

MACÁRIO, R. **Access as a social good and as an economic good: is there a need of paradigm shift?** Volvo Research and Education Foundation. Bellagio, Italy. 2012.

MACKETT, R. **The Leeds Integrated Transport Model (LILT)**. Transport and Road Research Laboratory. Great-Britain. 1983.

MAGALHÃES, M. T. Q.; YAMASHITA, Y. **Representando o Planejamento**. Brasília. 2009.

MARTINEZ, F. **MUSSA: A land-use model for Santiago city**. University of Chile, Department of Civil Engineering. Santiago. 1997.

MATUS, C. O Plano como Aposta. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, Out/Dez 1991. 28-42.

MAY, A. D. **A Decision Maker's Guidebook - Developing Sustainable Urban Land Use and Transport Strategies**. Institute for Transport Studies, University of Leeds, UK. Leeds, UK, p. 54. 2005. (PLUME project (Planning for Land use and Urban Mobility in Europe)).

MCIDADES. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

MENDES, J. M. R.; LEWGOY, A. M. B.; SILVEIRA E. C. Saúde e interdisciplinaridade: mundo vasto mundo. **Revista Ciência & Saúde**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 24-32, 2008.

MERLIN, M.; MILLER, E. Measuring community completeness: Jobs-housing balance, accessibility, and convenient local access to nonwork destinations. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 41, n. 4, p. 736-756, 2014.

MEURS, H.; VAN WEE, B. Land use and mobility: A synthesis of findings and policy implications. **European Journal of Transport and Infrastructure Research - EJTIR**, Delft, v. 3, n. 2, p. 219-233, 2003.

MEYER, M. D.; MILLER, E. J. **Urban Transportation Planning**. 2nd. ed. [S.l.]: McGraw-Hill series in transportation, 2001.

MILLER, E. Land use: trnasportation modeling. In: GOULIAS, K. G. **Transportation system planning: Methods and applications**. [S.l.]: CRC Press, p. 155-178. 2003.

MILLER, E.; KRIEGER, D. S.; HUNT, J. D.; BADOE, D. A. **Integrated urban models for simulation of transit and land-use policies**. University of Toronto - TCRP Projet H-12, Final Report. Toronto. 1998.

MOECKEL, R.; SPIEKERMANN, K.; SCHÜRMAN, C.; WEGENER, M. Microsimulation of land use. **International Journal od Urban Sciences**, v. 7, n. 1, p. 14-31, 2003.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. **Models as mediators: Perspectives on Natural and Social Science**. New York: Cambridge University Press, 1999.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 4a. ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 2005.

MU, R. **Transit-oriented development in China: How can it be planned in complex urban systems**. Ph.D. thesis, Faculty of Technology, Policy and Management, TUDelft. Delft. 2013.

NEWMAN, P. W. G.; KENWORTHY, J. R. The land use-transport connection. **Land Use Policy**, Great Britain, v. 13, n. 1, p. 1 - 22, 1996.

NIEMEIER, D. A. Accessibility: An Evaluation using consumer welfare. **Transportation**, v. 24, n. 4, p. 377-396, 1997.

ORTUZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. 4th. ed. New York: Wiley, 2011.

OWENS, S. From 'predict and provide' to 'predict and prevent?': Pricing and planning in transportation policy. **Transport Policy**, v. 2, n. 1, p. 43-49, 1995.

PARKER, D.; BROWN, D.; FILATOVA, T.; RIOLO, R.; SUN, S. Do land markets matter? A modeling ontology and experimental design to test the effects of land markets for an agent-based model of ex-urban residential land-use change. In: HEPPENSTALL, A.; CROOKS, L.;

SEE, M.; BATTY, M. **Agent-based models of Geographical Systems**. [S.l.]: Springer, 2012. p. 525-542.

PAVIANI, Jayme. **Interdisciplinaridade: conceitos e distinções**. Ed. rev. 2. Caxias do Sul: Educs, 2008.

PFAFFENBICHLER, P. **The strategic dynamic and integrated urban land use transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulation) development**. Ph.D. thesis, Institute for Transport Planning and Traffic Engineering, Vienna University of Technology. Vienna. 2003.

PIETRANTONIO, H.; GUALDA, N.; STRAMBI, O. Integração entre políticas de uso do solo e transportes: Dificuldades e necessidades. **Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino em Engenharia de Transportes**, Brasília, 1996.

PIRES, M. F. D. C.; **Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino**. São Paulo: Debates, p.173-182, 1998.

PORTUGAL. **Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável - Projecto Mobilidade Sustentável Vol.II**. Agência Portuguesa do Ambiente/Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa. 2010.

PUTMAN, S. **Intgrated urban models: Policy analysis of transport and land use**. London: Pion Ltd., 1983.

RAWLS, J. **A Theory of Justice**. Boston: Harvard University Press, 1971.

REYNOLDS JR, P. F. The role of modeling and simulation. In: SOKOLOWSKI, J. A.; BANKS, C. M. **Principles of modeling and simulation - A multidisciplinary approach**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. p. 25-46.

RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. **The geography of transport**. New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2006.

RYUS, P.; VANDEHEY, M.; ELEFTERIADOU, L.; DOWLING, R.; OSTROM, B. Highway Capacity Manual 2010. **TR News**, v. 273, p. 45 - 48, March-April 2011.

SALVANI, P.; MILLER, E. **ILUTE: An operational Prototype of a Comprehensive Microsimulation Model of Urban Systems**. 10th International Conference on Travel Behaviour Research Lucerne, 10-15. August 2003.

SANCHEZ, T. W.; STOLZ, R.; MA, J. S. **Moving to Equity: Addressing Inequitable Effects of Transportation Policies on Minorities**. Harvard University. Cambridge. 2003.

SANDERS, P. Phenomenology: A new way of viewing organizational research. **Academy of Management Review**, v. 7, n. 3, p. 353-360, 1982.

SANTOS, M. A. **Natureza do espaço**. 4a. ed. São Paulo: EDUSP, 2009.

SIMMONDS, D. The design of the DELTA land-use modeling package. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 26, n. 5, p. 665-684, 1999.

SIMMONDS, D.; WADDELL, P.; WEGENER, M. **Equilibrium vs. Dynamics in urban modeling**. Symposium on Applied Urban Modeling (AUM). Cambridge, UK: [s.n.]. 2011.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. 1a. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

SOARES, F. **Proposta Metodológica de Compreensão da Problemática das Relações Entre Uso Do Solo e Transportes no Planejamento Urbano Integrado**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará- UFC. Fortaleza, p. 112. 2014.

SOJA, E. W. **Geografia pós-moderna: A reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1993.

SOKOLOWSKY, J. A.; BANKS, C. M. (Eds.). **Principles of modeling and simulation: A multidisciplinary approach**. [S.l.]: John Wiley & Sons Inc., 2009.

STEAD, D. Relationship between land use, socioeconomic factors and travel patterns in Britain. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 28, n. 4, p. 499-528, 2001.

TALEN, E. (Ed.). **Charter of the New Urbanism**. 1st. ed. [S.l.]: McGraw Hill Education, 1999.

TIMMERMANS, H. **The saga of integrated land use- transport modeling: How many more dreams before we wake up?** Keynote paper, 10th International Conference on Travel Behavior Research. Lucern, Switzerland: [s.n.]. 2003.

TIMMERMANS, H. Introduction. In: TIMMERMANS, H. **Decision support systems in urban planning**. London: E & FN Spon, 2005. p. xii-xviii.

TORRENS, P. **How land-use transportation models work**. CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis) Working paper 20, UCL. London, UK. 2000.

TUOMINEN, A.; KANER, H.; LINKAMA, E. A paradigm shift in European transport and urban planning - fact or fable? **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, n. 48, p. 1415 – 1423, 2012.

UNESCO. **Teaching and learning for a sustainable future - a multimedia teacher educational programme, 2010**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/education/tlsf/mods/theme/-gs/mod0a.html>>. Acesso em: maio 2015.

UNITED NATIONS. Report of the United Nations conference on environment and development. **Nações Unidas**, Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21/text.htm>>. Acesso em: 23 maio 2015.

VAN WEE, B. Land use and transport: Research and policy challenges. **Journal of Transport Geography**, v. 10, n. 4, p. 259-271, 2002.

VAN WEE, B.; ANNEMA, J. A.; BANISTER, D. **The transport systema and transport policy: An introduction.** Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2013.

VAN WEE, B.; GEURS, K. T. Discussing Equity and Social Exclusion in Accessibility Evaluations. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 11, n. 4, p. 350-367, 2011.

VAN WEE, B.; MAAT, K. Land-use and transport: a review and discussion of Dutch research. **European Journal of Transport and Infrastructure Research - EJTIR**, v. 3, n. 2, p. 199-218, 2003.

VICKERMAN, R. W. Accessibility, attraction and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. **Environment and Planning A**, v. 6, p. 675-691, 1974.

VRIENS, D.; HENDRIKS, P. How to define problems: a systemic approach. In: TIMMERMANS, H. **Decision Support Systems in Urban Planning.** London: E & FN SPON, 2005. Cap. 2, p. 16 - 23.

WADDELL, P. UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation and environmental planning. **Journal of the American Planning Association**, v. 68, n. 3, p. 297-314, 2002.

WEGENER, M. Transport geography and spatial systemas. In: BUTTON, K.; HENSHER, D. **Handbooks in transport.** [S.l.]: Kilington: Pergamon/Elsevier, v. 5, 2004. p. 127-146.

WEGENER, M. **The IRPUD model.** Working paper 11/01. Spiekermann & Wegener Urban and Regional Research. Dortmund. 2011.

WEGENER, M. Land-use transport interaction models. In: FISCHER, M. M.; NIJKAMP, P. **Handbook of Regional Science.** Berlin: Springer Reference, 2014. p. 741-758.

WEGENER, M.; FÜRST, F. **Lan-Use Transport Interaction: State of the Art.** TRANSLAD project, Universität Dortmund. Dortmund. 1999.

YOUNG, C. W.; TILLEY, F. J. Can businesses move beyond efficiency? The shift toward effectiveness and equity in the corporate sustainability debate. **Business Strategy and the Environment**, v. 15, n. 6, p. 402 - 415, 2006.

## GLOSSÁRIO

- **Acessibilidade:** Tradicionalmente o conceito de acessibilidade é entendido como uma característica do meio, que determina a dificuldade de se acessar um dado local de destino a partir de um local de origem. Em outras palavras, pode ser entendida como a dificuldade de se deslocar de um ponto “A” a um ponto “B”, ambos no espaço e distintos entre si, conectados por um sistema de transportes. Este conceito incorporou, ao longo do tempo, as ideias de potencial de oportunidade e interação, e também de medidas de impedância, tomando emprestado da economia o conceito de função de (des)utilidade (HANSEN, 1959; VICKERMAN, 1974 e NIEMEIER, 1997). Em seu estágio mais atual, a acessibilidade reconhece a necessidade de uma abordagem transdisciplinar, que envolva pelo menos, os conhecimentos sobre os sistemas de transporte e de uso do solo (GEURS e VAN ECK, 2001). A este conceito de acessibilidade associa-se a ideia, corrente entre arquitetos, da acessibilidade universal (ou micro acessibilidade), que tem o mesmo significado (dificuldade de se deslocar de um ponto “A” a um ponto “B”), porém em uma escala reduzida. A limitação de acesso físico pode ser influenciada por aspectos não físicos, tais como impedimentos econômicos (ex.: Incapacidade financeira de custear certas atividades); culturais (ex.: Proibição da participação por faixa etária, ou por gênero), entre outros.

- **Atores:** Representa um conjunto coerente de papéis, potencialmente desempenháveis por indivíduos que sejam usuários, gestores, provedores e reguladores de sistemas, etc. Entende-se que um conjunto de atores representa um grupo humano com características semelhantes, dentro de um contexto. Estas semelhanças podem ser entendidas através do contraste dos papéis entre grupos distintos (usuários e provedores, motoristas e pedestres, etc.), ou pela semelhança de interesses de grupos (mesma classe trabalhadora, mesma condição de fragilidade socioeconômica, etc.). Quando falamos em atores consideramos o homem coletivo, ou seja, organizado em grupos coerentes, que representam a verdadeira força de mudança, capaz de transformar a realidade. Uma vez reconhecido este homem coletivo precisamos discernir entre atores e expectadores (MAGALHÃES e YAMASHITA, 2009). Os atores representam o homem coletivo que possui uma interpretação particular da realidade, e que pode ser sujeito ativo das mudanças, demandando, ofertando, transformando e gerindo a realidade.

- **Interdisciplinaridade:** Mais do que um conceito, a interdisciplinaridade é, quase sempre, reconhecida como uma prática. Caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto; e mais do que isso, não pode ser reduzida a modelos e ou fórmulas, bem como não reside no simples diálogo entre disciplinas, pois, antes de tudo, é uma categoria de ação (PAVIANI, 2008). Reconhecemos na ação interdisciplinar o benefício de podermos alcançar novos resultados que seriam impossíveis de serem alcançados em esforços individuais. Ela promove o intercâmbio teórico e metodológico, a aplicação do conhecimento de uma ciência em outra.

- **Mobilidade:** A mobilidade pode ser descrita como uma característica do indivíduo, normalmente associada a condicionantes pessoais (posse de veículo, renda, deficiência física, etc.); ou aos seus comportamentos (número médio de viagens, total de quilômetros viajados, ocupação dos veículos, etc.). É entendida como um conceito que se preocupa com a performance do sistema de transportes (BHAT et al, 2000), sempre associado à quantidade de movimento, seja de pessoas, de veículos ou de cargas. O conceito de mobilidade é frequentemente ligado a discussões sobre direitos individuais e liberdade, e também rodeado de controvérsias (JONES, 2009). Estas controvérsias rodeiam uma questão crucial para este conceito, que acaba por configurar o seu maior problema. Não se pode afirmar com confiança se é preferível um maior ou um menor volume de viagens, ou se devemos nos deslocar mais ou menos (HALDEN, 2011). Mesmo sendo associável à ideia de liberdade individual, maiores níveis de mobilidade são frequentemente associados a efeitos coletivos negativos (poluição ambiental, gasto energético, exposição a riscos, diminuição da qualidade de vida, etc.).

- **Multidisciplinaridade:** A multidisciplinaridade é o esforço de se trabalhar com muitas disciplinas. Isto não significa que tais disciplinas terão suas relações exacerbadas, ou que haverá cooperação entre elas. Pode-se dizer que a multidisciplinaridade está bem representada nos currículos escolares tradicionais, que contam com diversas disciplinas agrupadas, porém independentes. A multidisciplinaridade esgota-se no trabalho conjunto entre disciplinas, em que cada uma trata de temas comuns sob sua própria ótica (PIRES, 1998). Entende-se que esta modalidade de abordagem disciplinar é insuficiente para superar os problemas de fragmentação da realidade e sua profusão em várias escalas, próprias da complexidade.

- **Planejamento Urbano:** Para o arquiteto, planejamento urbano frequentemente refere-se ao planejamento do uso do solo, mas o termo não se limita a este significado, podendo aplicar-se a quase todas as outras áreas do conhecimento (economia, saúde, habitação, seguridade social, energia, etc.) (CULLINGWORTH, 2000). É portanto, um esforço transdisciplinar (que não pode ser restrito a uma disciplina específica (DUARTE, 2007)). Tal esforço prega a preocupação com as diferentes escalas da ocupação do território, seus usos e do funcionamento conjunto de suas partes. O planejamento, segundo Cullingworth (2000), é um processo propositivo de formulação de objetivos e estabelecimento de acordos sobre como defini-los, e que só são alcançados pela identificação de problemas e pelo debate sobre possíveis soluções.

- **Transdisciplinaridade:** Termo cunhado por Piaget, na conferência de Nice, em 1970, a transdisciplinaridade não é apenas a colaboração entre várias disciplinas, mas sim a associação interdisciplinar que ocorre através de um pensamento organizar que é maior que as próprias disciplinas. A transdisciplinaridade, se comparada à interdisciplinaridade, é mais integradora. É entendida como (FREITAS, MORIN e NICOLESCU, 1994) uma visão aberta (transnacional e transcultural) às diversas áreas do saber humano (científico, artístico, etc..), que passam pelo reconhecimento de seu papel complementar às abordagens disciplinares, à não redução a definições, pelo reconhecimento da existência de diferentes níveis de realidade, cada um com sua lógica, fortemente embasado na unificação semântica de acepções através e além das disciplinas, que se recusa a rejeitar o diálogo e a discussão de qualquer origem ou ordem ideológica. Em resumo, a transdisciplinaridade propõe um rompimento de paradigmas e modelos disciplinares das disciplinas acadêmicas na tentativa de atender a novas exigências da sociedade. Seria a fusão de disciplinas em uma disciplina maior, que transcende a todas (MENDES; LEWGOY; SILVEIRA, 2008).

- **Urbanismo:** O termo “urbanismo” tem uma conotação associada ao entendimento de “planejamento urbano”, uma vez que se reconhece nele uma das disciplinas que constituem o planejamento urbano. O termo surge inicialmente no trabalho de Cerdá (1867), e é definido por Choay (1960) como a teoria da localização humana. Esta “teoria” dá origem a uma disciplina com disposição para o desenho projetivo (caráter monodisciplinar, ligado às características físico-territoriais das cidades (DUARTE, 2007)), e foco nas questões de ordem espacial, que se diferencia das artes urbanas anteriores por seu caráter reflexivo e crítico, e pretensão científica.

- **Usuários:** São uma categoria específica de atores. Referem-se a aqueles atores que tem como papel primordial fazer uso dos subsistemas ofertados e de onde emanam as demandas. O usuário, assim como na ideia de atores, não é personificado, mas sim associado a um conceito de homem coletivo. Esta “despersonificação” nos permite trabalhar com a ideia de que um indivíduo específico pode ser entendido como componente de mais de um grupo de atores (eles podem ser usuários, e em momentos ou situações distintas, atuar como gestores, ou provedores de serviços, etc.). O usuário é um sujeito ativo dentro do sistema, de onde se reconhece o motivo principal pelo qual todo esforço de planejamento do sistema existe. Sem usuário não há a demanda primária que justifica a existência do sistema, e conseqüentemente não faria sentido o conceito de oferta.

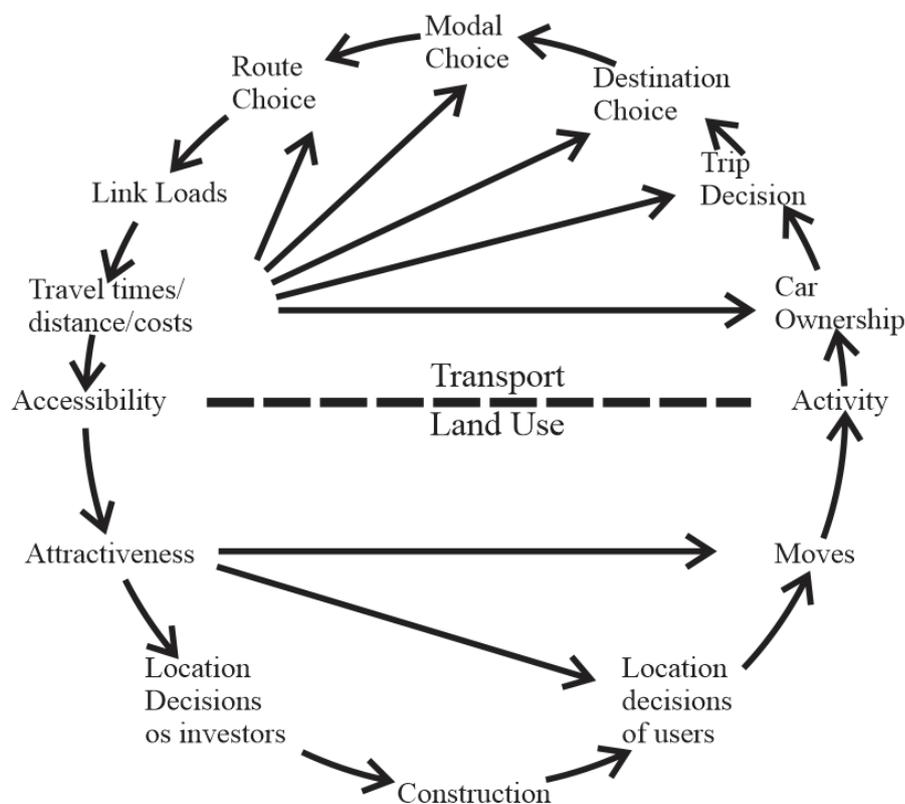
## ANEXO – Listagem de modelos LUTI retirados da literatura revisada

Separamos, como anexo deste documento, o conjunto de representações gráficas dos modelos estudados no capítulo 3. Suas representações, elaboradas e apresentadas pelos autores, foram importantes para o processo de revisão, que, em conjunto às elaborações e argumentações textuais, permitem um entendimento mais completo das propostas de modelagem. Os modelos revisados são:

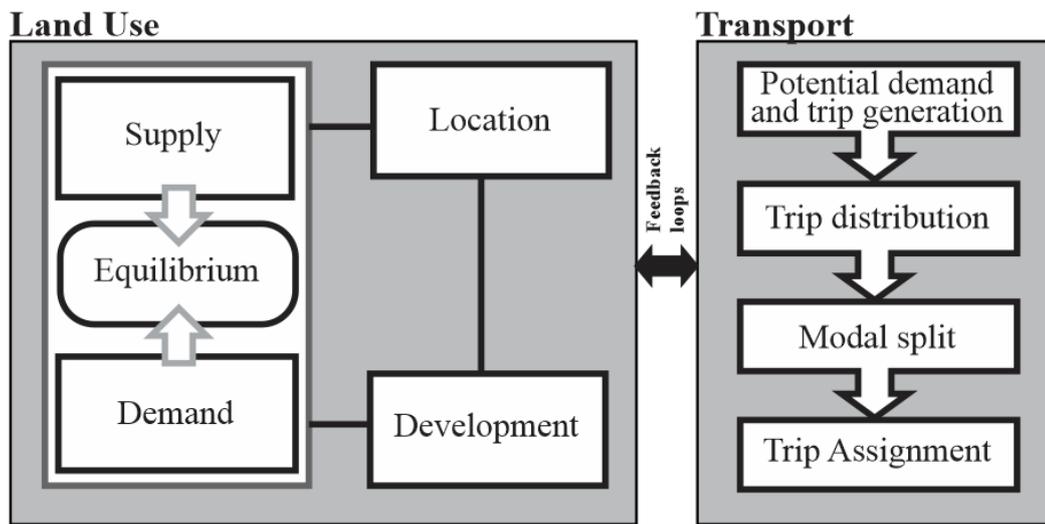
<b>a. Modelos Conceituais:</b>	<b>b. Modelos Operacionais</b>
1. <i>Wegener</i> (WEGENER e FÜRST, 1999)	1. <i>Lowry</i> (LOWRY, 1964)
2. <i>Torrens</i> (TORRENS, 2000)	2. <i>Itlup</i> (PUTMAN, 1983)
3. <i>Ortuzar</i> (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011)	3. <i>Lilt</i> (MACKETT, 1983)
4. <i>Miller</i> (MILLER, 2003)	4. <i>Irpud</i> (WEGENER, 2011)
5. <i>Geurs</i> (GEURS e VAN WEE, 2004a)	5. <i>Tranus</i> (DE LA BARRA, 1989)
6. <i>Cascetta</i> (CASSETTA, 2009)	6. <i>Mussa</i> (MARTINEZ, 1997)
	7. <i>Metrosim</i> (ANAS e ARNOTT, 1994)
	8. <i>Delta</i> (SIMMONDS, 1999)
	9. <i>Urbansim</i> (WADDELL, 2002)
	10. <i>Iumass</i> (MOECKEL et al., 2003)

### a.) Modelos Conceituais

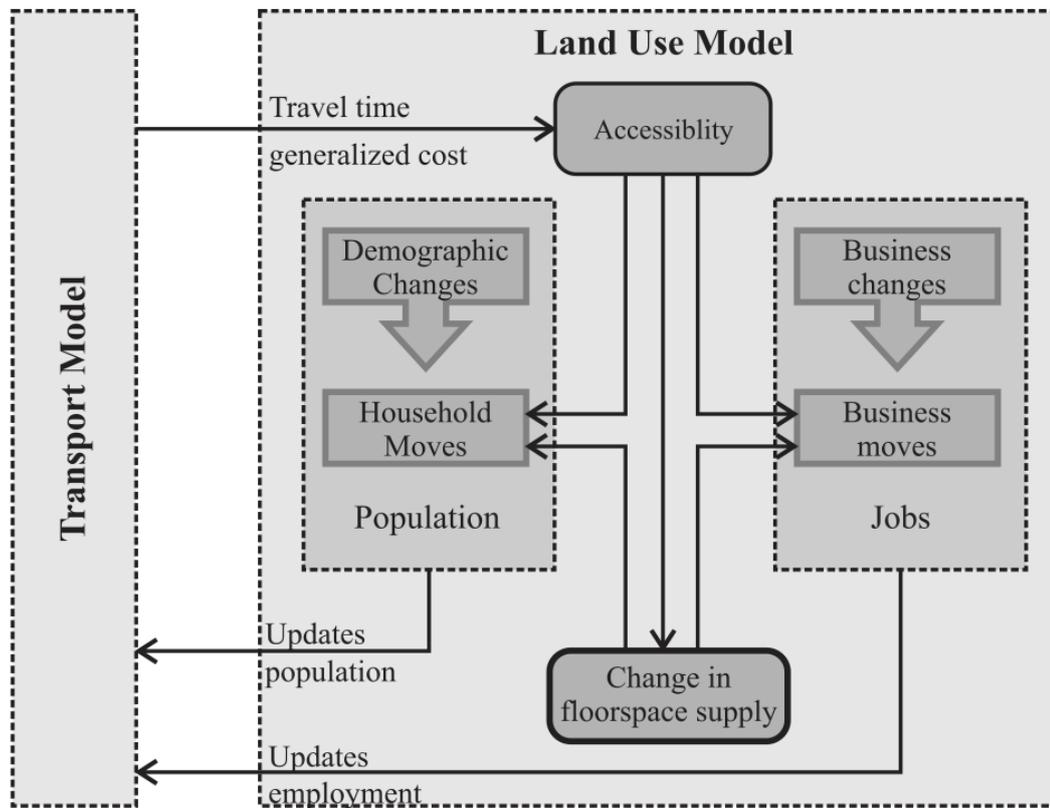
#### a.1.) Wegener e Fürst, 1999



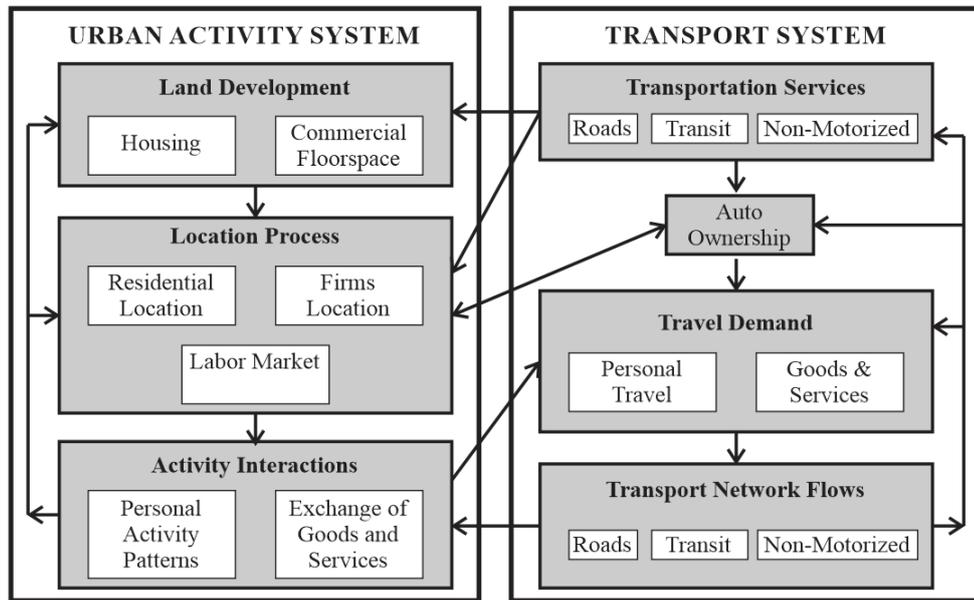
a.2.) Torrens, 2000



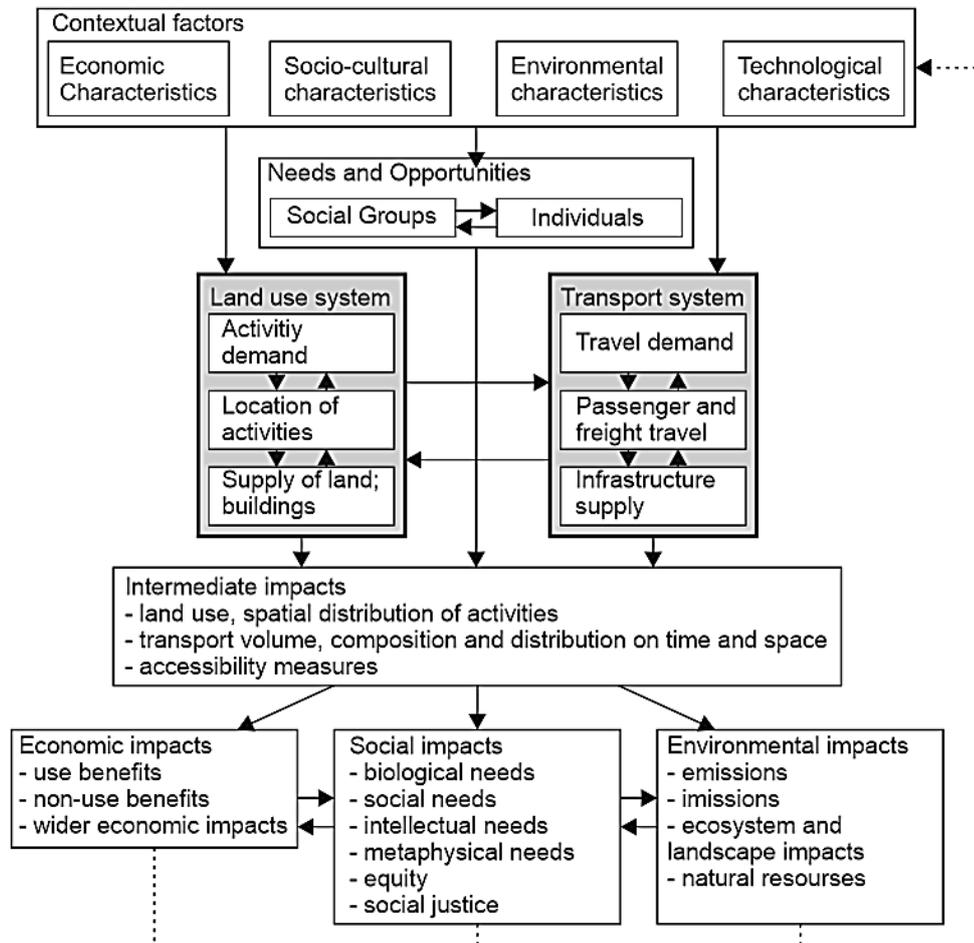
a.3.) Ortuzar e Willumsen, 2011



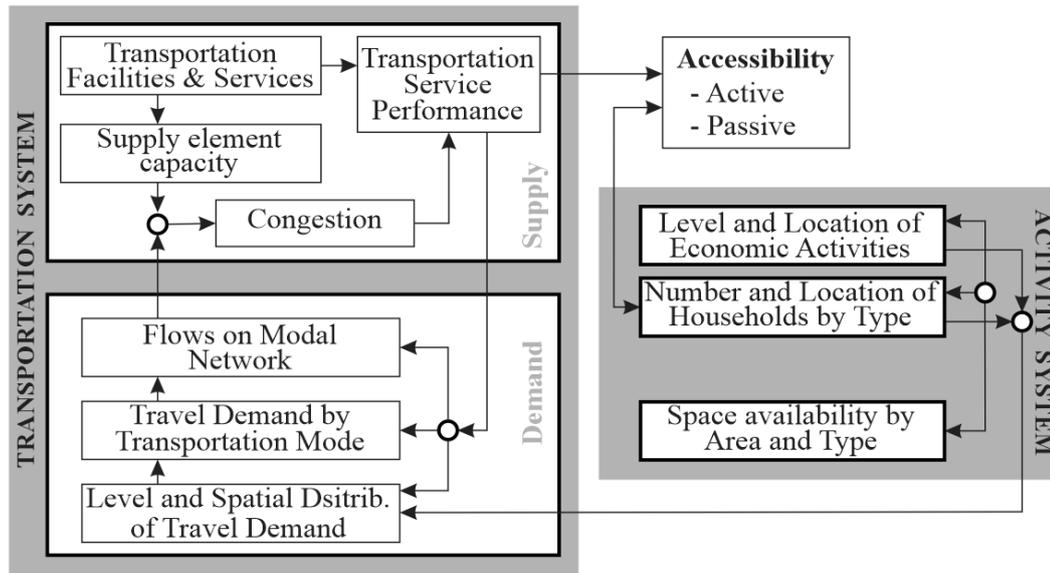
a.4.) Miller, 2003



a.5.) Geurs e Van Wee, 2004a

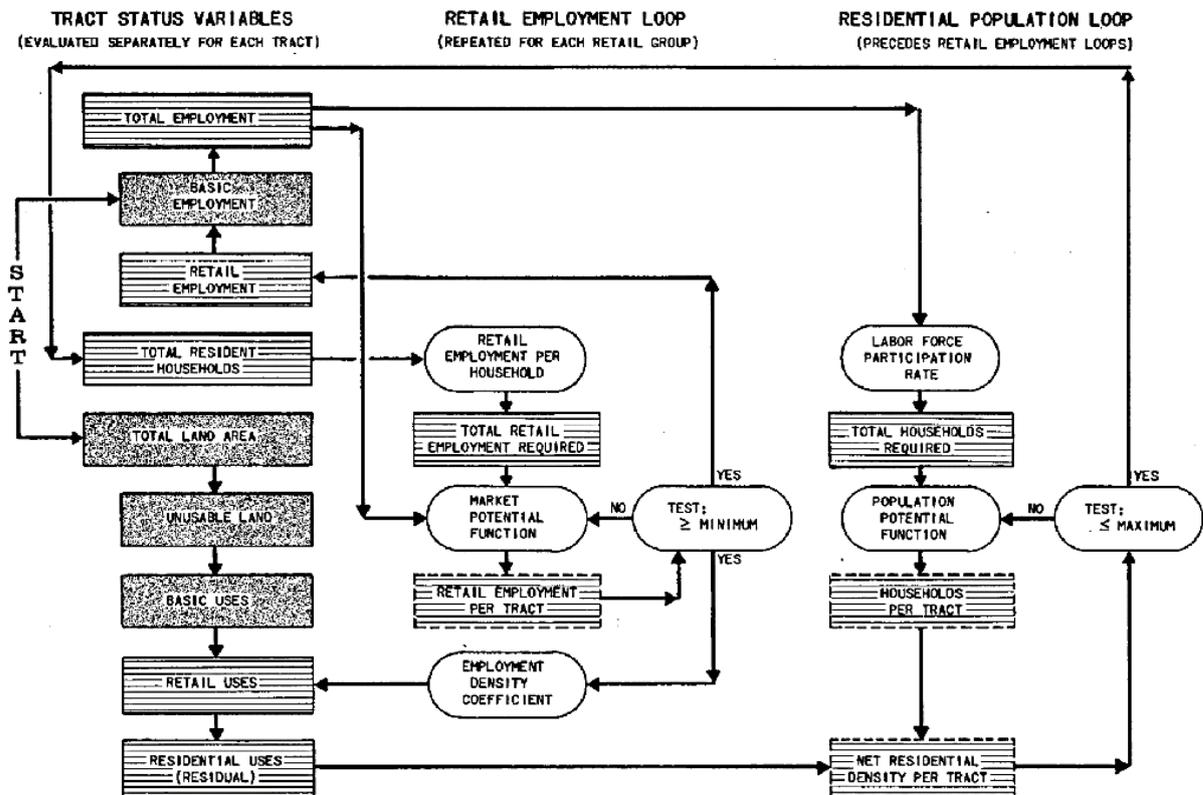


a.6.) Cascetta, 2009

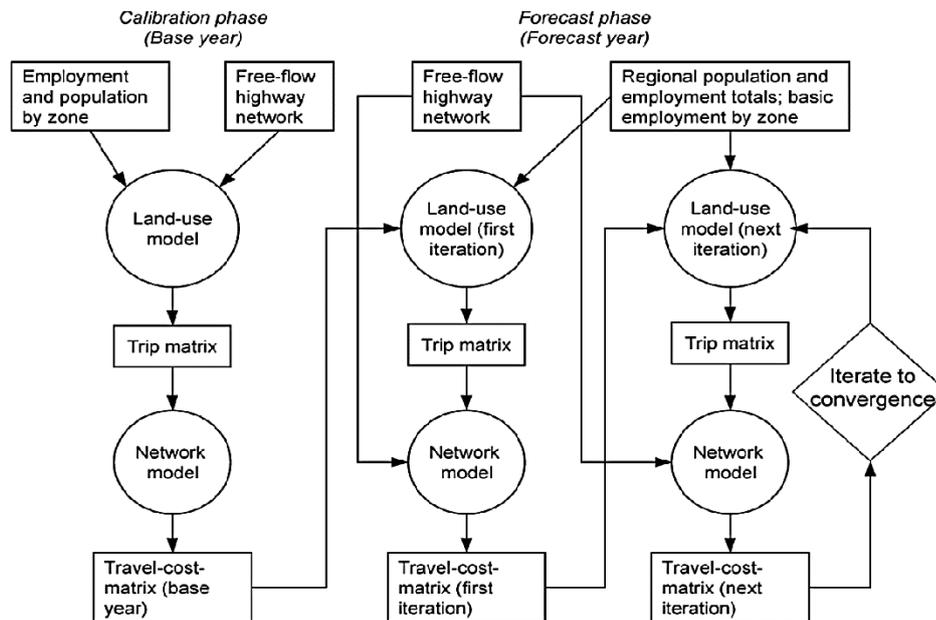


**b. Modelos Operacionais**

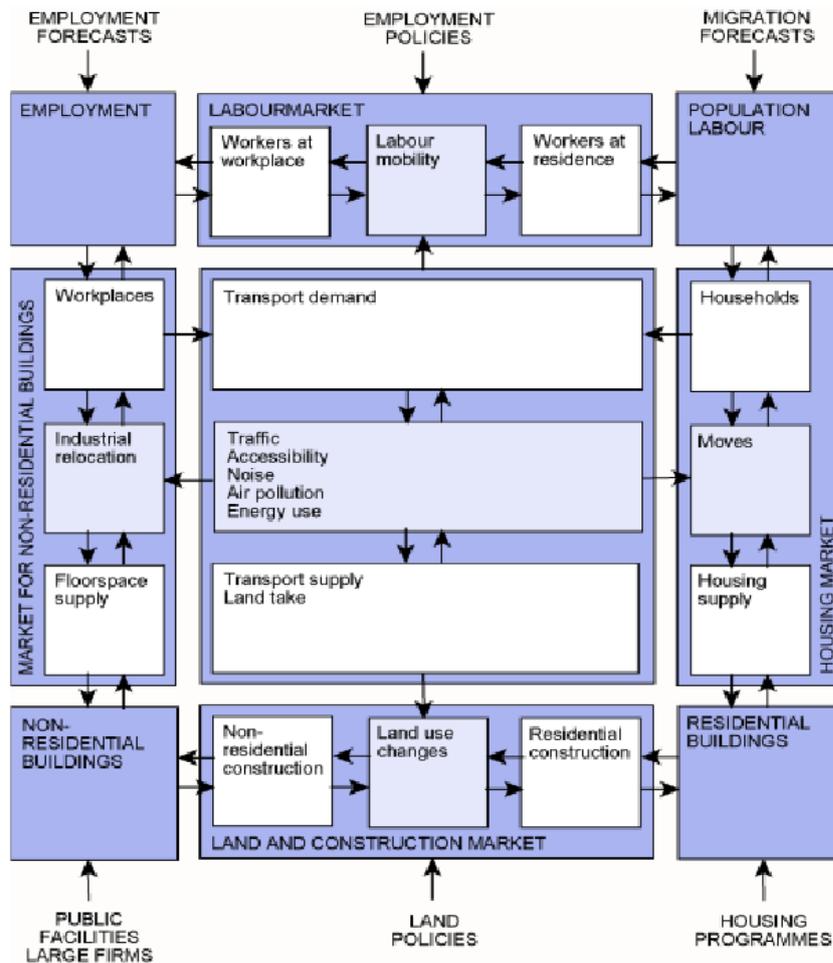
b.1.) Lowry (LOWRY, 1964)



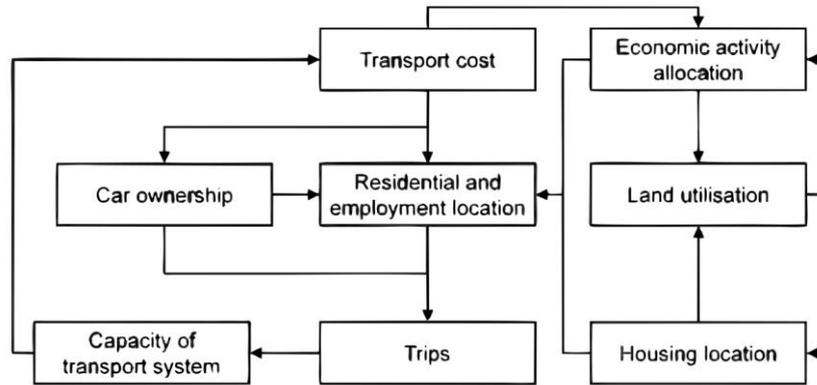
b.2.) Itlup (PUTMAN, 1983)



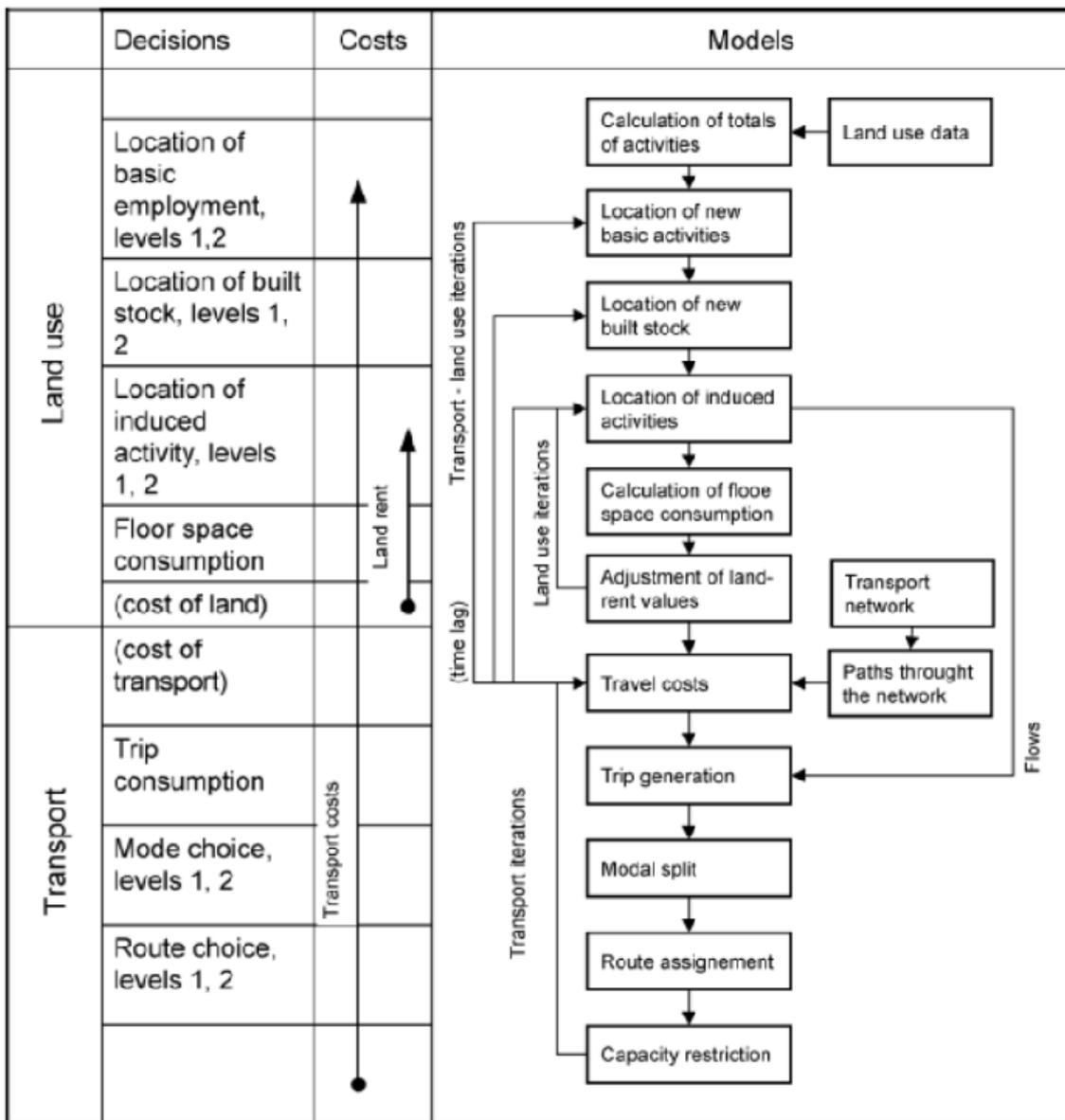
b.4.) Irpud (WEGENER, 2011)



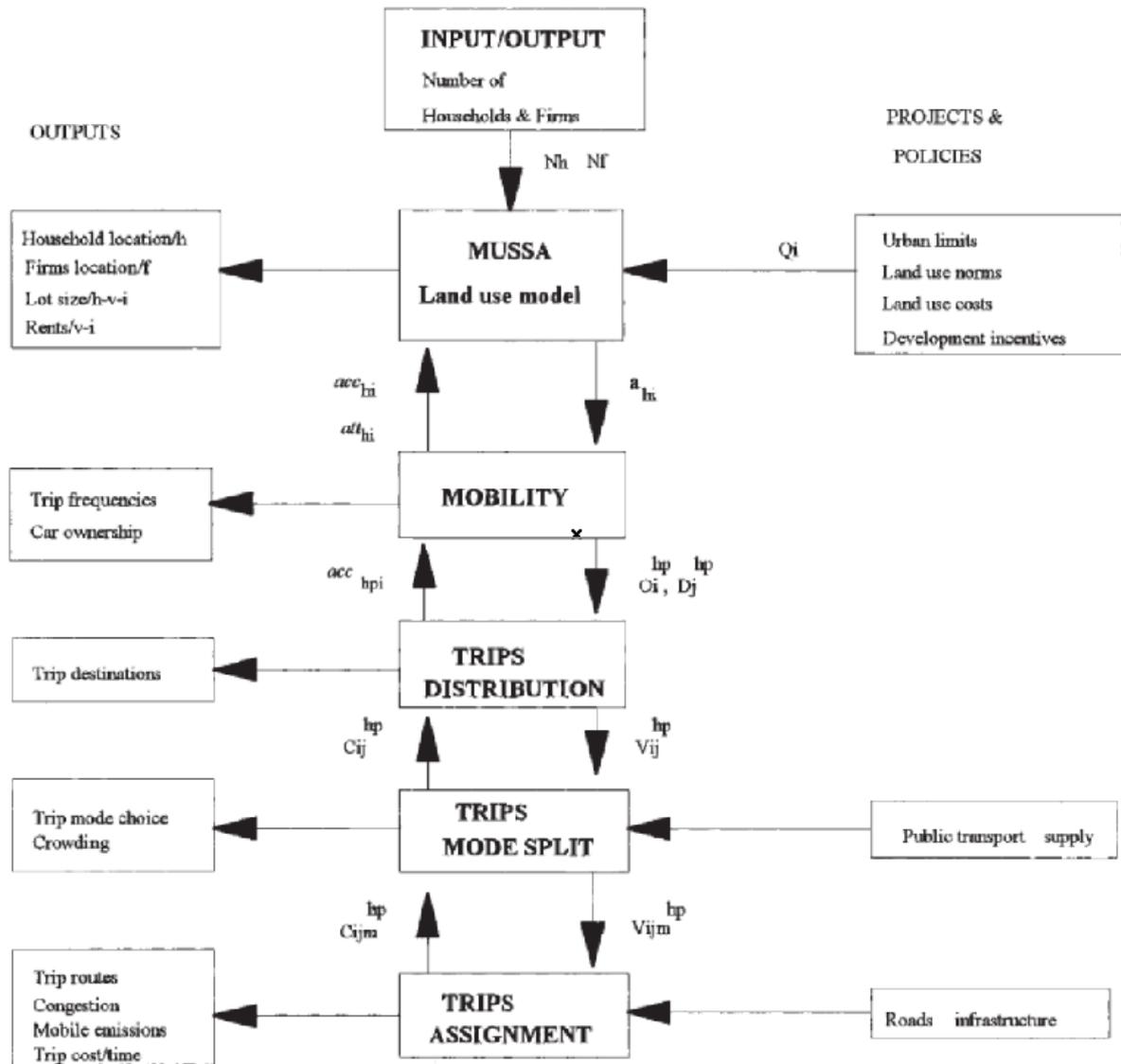
b.3.) Lilt (MACKETT, 1983)



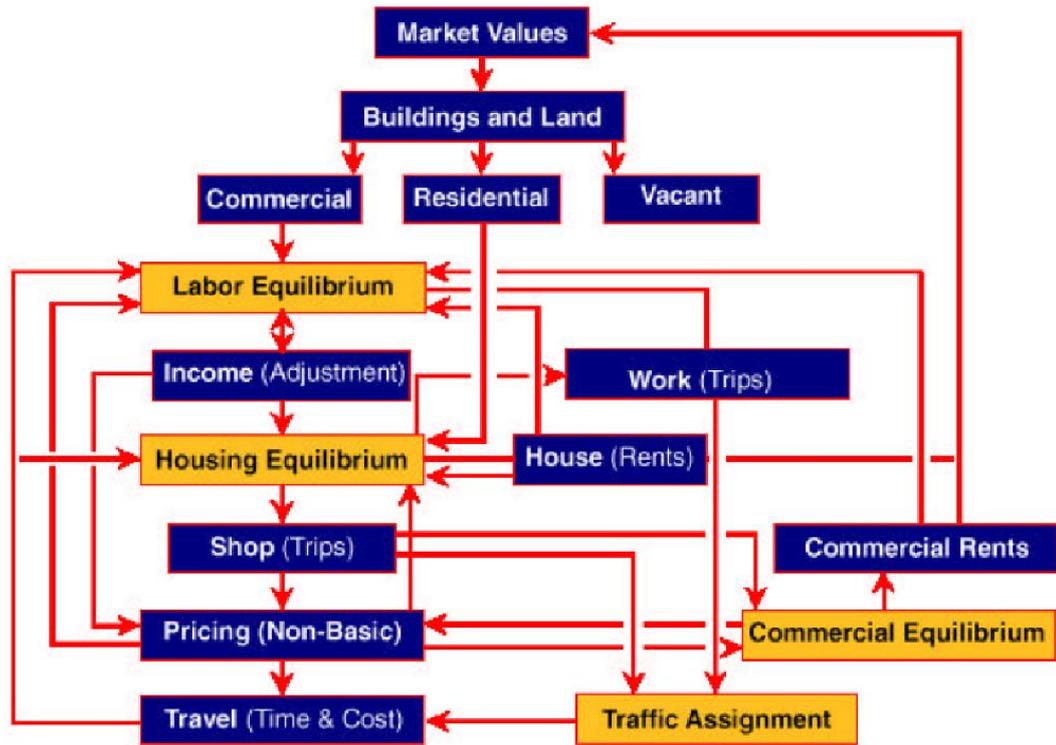
b.5.) Transus (DE LA BARRA, 1989)



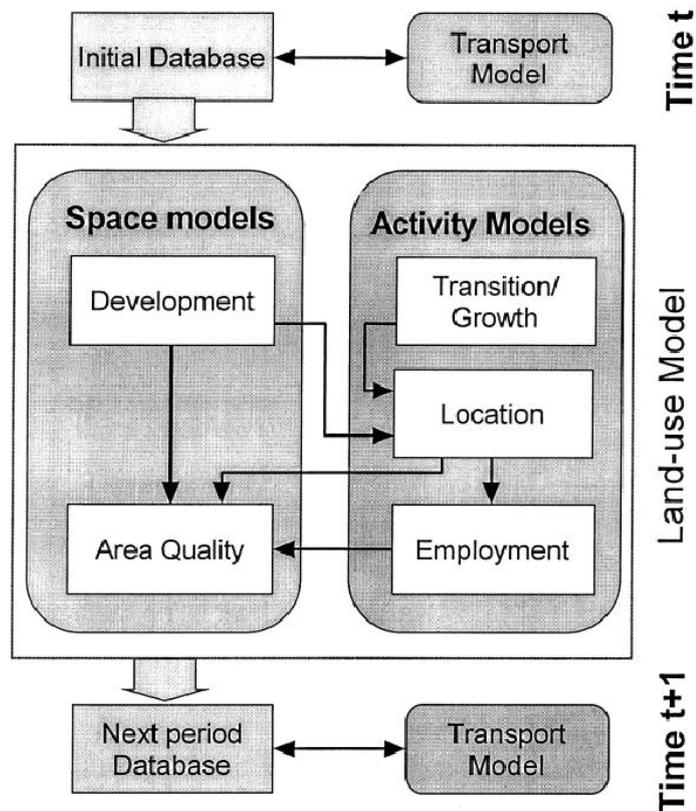
b.6.) Mussa (MARTINEZ, 1997)



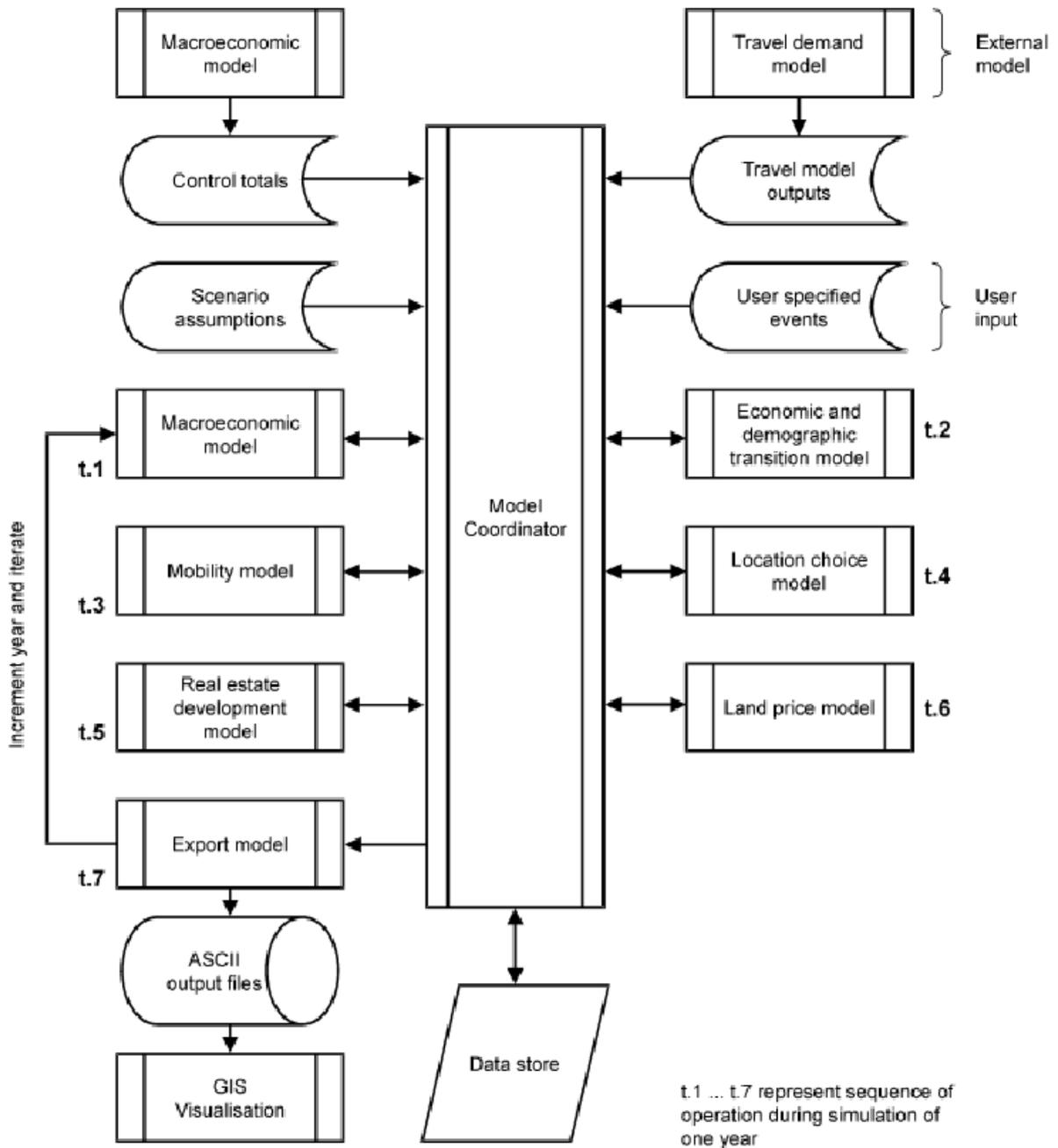
b.7.) .Metrosim (ANAS e ARNOTT, 1994)



b.8.) Delta (SIMMONDS, 1999)



b.9.) Urbansim (WADDELL, 2002)



b.10.) Ilumass (MOECKEL et al., 2003)

