

# UMA PROPOSTA DE MODELO ALUTI - INTEGRAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DE ATIVIDADES, USO DO SOLO E TRANSPORTES

A. S. Lopes<sup>1</sup>, F. F. L. M. Sousa<sup>2</sup>, C. F. G. Loureiro<sup>2</sup>

## RESUMO

A modelagem LUTI ganhou impulso a partir da década de 1990 pela sua abordagem complexa. Algumas limitações destes modelos exigiram a revisão de quais disciplinas deveriam ser modeladas. Sua relevância está na busca da modelagem complexa, que exige a incorporação de quantas partes constituintes do fenômeno sejam necessárias para o bom diagnóstico de problemas. Para isto, incorporamos à interpretação LUTI o subsistema de atividades, e ainda, enfatizamos a importância de medidas de impacto entre os subsistemas envolvidos (Uso do solo, Transporte e Atividades). Paratanto, adotamos como ponto de partida uma modelagem conceitual “a-priori”. Daí, identificamos o papel do subsistema de atividades, bem como reconhecemos, pelas relações de oferta e demanda, e possibilidades de medidas de desempenho de cada subsistema. Por fim, apontamos o papel das medidas de impacto que funcionam como pontes entre subsistemas, cruciais para os sistemas complexos.

## 1 PROPOSIÇÃO DE MODELO CONCEITUAL DAS RELAÇÕES ENTRE USO DO SOLO, TRANSPORTES E ATIVIDADES

O complexo processo de planejamento de cidades, para que funcione adequadamente, exige uma comunicação clara. Ele necessita de uma abordagem transdisciplinar, ou seja, que diferentes grupos de planejadores procurarem soluções para problemas que são, em muitos dos casos, conflitantes entre si (May, 2005; Magalhães & Yamashita, 2009). Para tratar (entender e conseguir intervir) estes conflitos, costumeiramente, planejadores desenvolvem e adotam modelos. Os atuais modelos LUTI (do inglês “*Land Use and Transport Interaction*”, ou interação entre uso do solo e transporte) aparecem como úteis ferramentas 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 (interação entre atividades, uso do solo e transportes). Em nosso esforço de entendimento reconhecemos quatro principais razões que justificam a necessidade de incorporar o conceito de atividades aos sistemas LUTI, sendo elas:

- i. Para entendermos os mecanismos por trás dos modelos, de tal modo que possamos diferenciar os subsistemas componentes e suas interações;
- ii. Por motivos de comunicação, para que possamos ilustrar explicitamente, aos grupos de planejadores envolvidos, os impactos mútuos causados por suas decisões;
- iii. 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.

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR

2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

iv. Para que possamos endereçar as lacunas do conhecimento.

Questionamos aqui quão adequados são os atuais modelos integrados. 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, et al., 2008; 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;

- i. Os atuais modelos não incorporam os três subsistemas componentes dos sistemas ALUTI, pois não distinguem claramente os subsistemas de uso do solo e atividades;
- ii. Não incorporam as relações de oferta e demanda à modelagem conceitual, minimizando a importância destes efeitos no seu ciclo causal interno;
- iii. Diferentemente de como tratam o subsistema de transportes, os atuais modelos integrados não incorporam a ideia de desempenho para os demais subsistemas.

Espera-se que o resultado final do corrente artigo, na forma de um modelo ALUTI, 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 dos sistemas urbanos; em definir as premissas de causalidade entre as partes componentes do sistema; e finalmente, abrir caminho para possíveis indicadores que nos permitam caracterizar os efeitos mútuos entre as partes componentes do sistema. Pretendemos alcançar tal objetivo através de um processo dividido em duas etapas. Primeiro, pela revisão de modelos LUTI conceituais para construirmos um vocabulário mínimo necessário. 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. Para isto o texto se organiza da seguinte forma. A seção 2 apresenta a limitação do escopo da pesquisa e apresenta o modelo “a priori”. Na seção 3 segue a rápida revisão dos modelos LUTI, com uma descrição de três modelos conceituais e seus diagramas. As seções 4 e 5 apresentam a proposta do modelo ALUTI, com seus resultados ilustrados no final da seção. Finalmente, na seção 6, apresentamos comentários finais.

## **2 METODOLOGIA E LIMITAÇÃO DO ESCOPO**

O ponto de partida para a construção de um modelo é a percepção das lacunas existentes. 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 1). 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 & van Wee, 2004). Este conceito ilustra simplesmente os componentes do sistema ALUTI de maneira agregada e suas mútuas interações, reconhecendo dois tipos de indicadores, de desempenho (internos aos subsistemas) e medidas de impacto (externos, entre subsistemas).

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC



**Fig. 1 Modelo ALUTI conceitual, denominado de “a priori”.**

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 (a) (setas 1 e 5), uso do solo (b) (setas 3 e 6), e transportes (c) (setas 2 e 4). Já o funcionamento interno dos subsistemas é retratado como relação de oferta e demanda de onde medidas de desempenho podem ser extraídas.

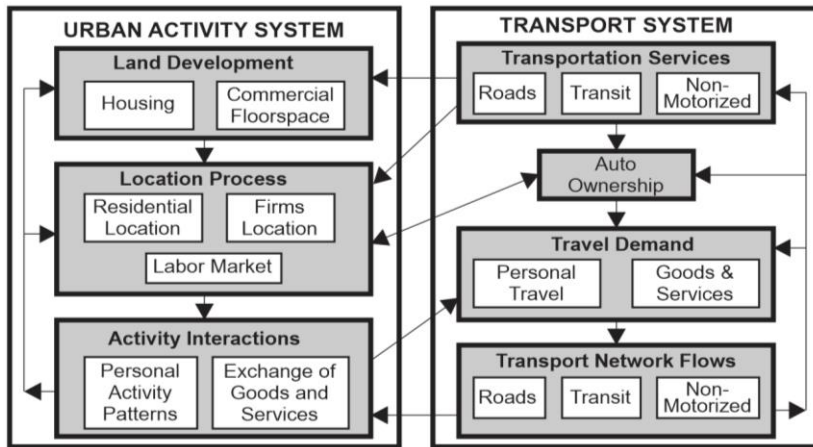
### 3 DISCUSSÃO DE MODELOS CONCEITUAIS REFERENCIAIS

Nesta seção, discutimos 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), que são proeminentes autores do tema planejamento de transportes e/ou LUTI.

#### 3.1 LUTI segundo 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). O modelo, ilustrado pelo seu diagrama na Figura 9, apresenta uma perceptiva separação 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 2). Entretanto é fácil discernir os papéis distintos de cada um dos subsistemas partícipes. 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*) 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.

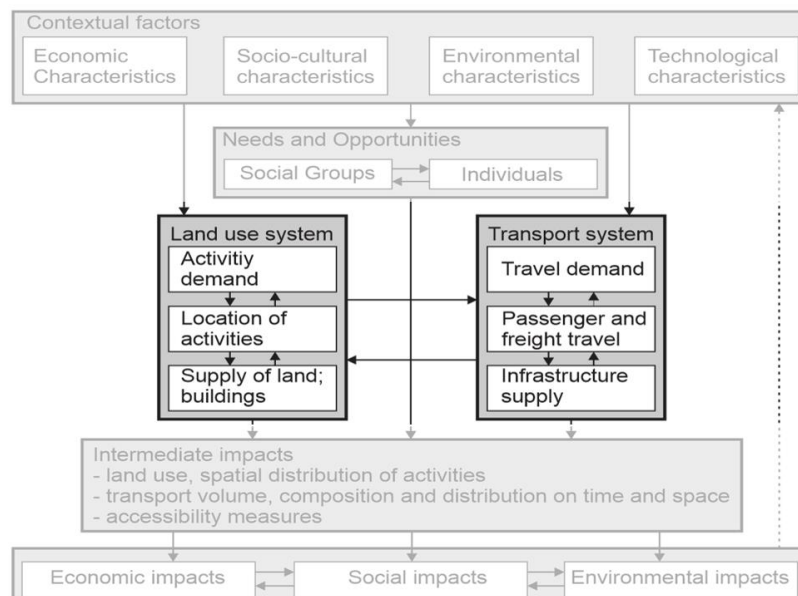
1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC



**Fig. 2 Sistemas LUTI, segundo Miller, 2003.**

### 3.2 LUTI segundo 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. O modelo proposto por Geurs e van Wee (2004) (que pode ser visto na Figura 3) 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.



**Fig. 3 Adaptado do modelo LUTI de Geurs e van Wee (2004).**

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

Aparentemente, os autores associam as decisões sobre demandas locais (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”.

### 3.3 LUTI segundo Cascetta (2009)

O autor 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 4) 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) e está associada à oferta do espaço, onde funções urbanas se localizam, a ser entendida como indiretamente afetada por decisões dos atores gestores do espaço (planejadores do uso do solo).

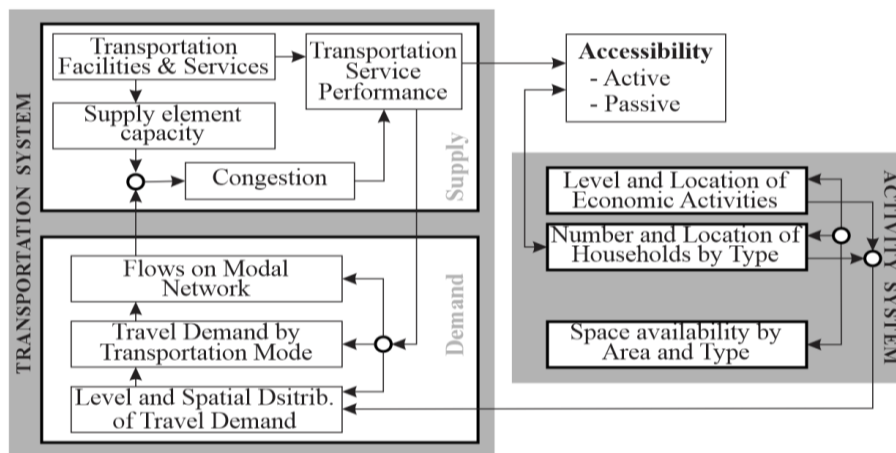


Fig. 4 Sistema LUTI de Cascetta (2009), com ênfase do sistema de transportes.

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

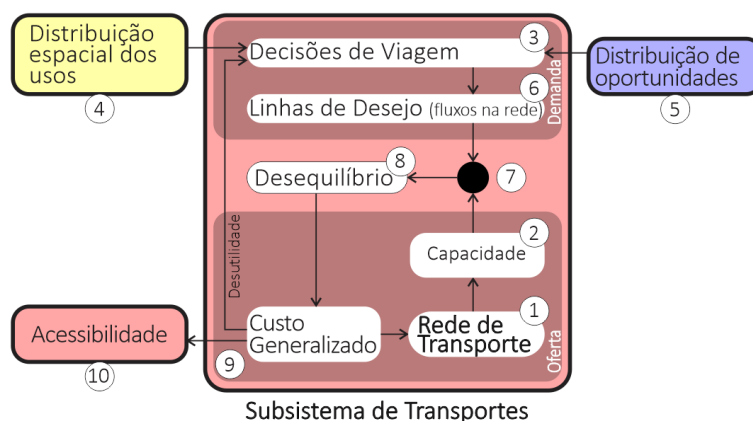
A variável “localizações” sofre a influência tanto dos desejos e necessidades (próprios do sistema de atividades), como dos níveis de acessibilidade derivados das características do sistema de transportes (ex.: Medidas de nível de serviço de transportes). Podemos dizer que o modelo ilustra uma relação 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.

#### 4 Modelagem dos subsistemas constituintes do sistema ALUTI

Apresentamos nesta seção do documento uma proposta de modelo ALUTI substitutiva dos modelos revisados. Esta proposta pretende contribuir para a solução das dificuldades apresentadas pelos demais modelos. Apresentamos, a seguir, os subsistemas envolvidos.

##### 4.1 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 & Willumsen, 2011), iniciaremos a proposta de modelagem por ele, que se apresenta melhor sistematizada na literatura visitada. Apresentamos uma proposta de modelagem das relações de dependência entre os elementos que formam o subsistema de transportes (Figura 5) com base no desenvolvimento teórico de Cascetta (2009). Chamamos atenção para a ênfase dada na interpretação do subsistema como um sistema em desequilíbrio.



**Fig. 5 Representação do funcionamento interno do subsistema de transportes.**

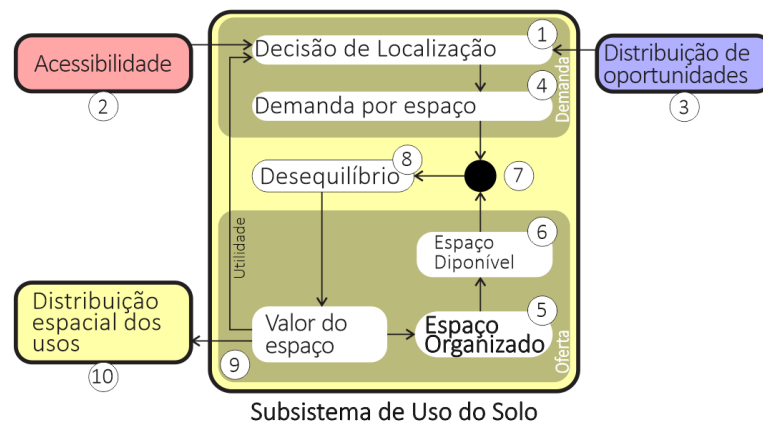
As necessidades decorrentes do transporte de pessoas e cargas são as principais razões para desenvolvimento de infraestrutura de transporte (rede de transporte) (1). Esta rede tem um limite de quanto pode ser utilizada, em termos de quantidades de deslocamentos de pessoas servidas (capacidade) (2). Este 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

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

resultado destas escolhas forma uma estrutura abstrata, nomeada de “linhas de desejo” (6), composta pela quantificação dos fluxos desejados na rede (destinos, modos de transporte, 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” (com efeitos de retroalimentação perceptível nas decisões de transporte) como “acessibilidade” (10), ou pode ainda servir de entrada para transformações na própria rede de transportes ofertada (1).

## 4.2 Representando o Subsistema de Uso do Solo

A modelagem conceitual do subsistema de uso do solo, que pode ser vista na Fig. 6, partiu da analogia com a modelagem tradicional do subsistema de transportes.



**Fig. 6 Representação do funcionamento interno do subsistema de uso do solo.**

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/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 como preço. Podemos ainda interpretar estes valores em termos de “medidas de utilidade”, capaz de interferir nas próprias “decisões locacionais”. Finalmente, este valor do espaço determina a “distribuição espacial dos usos” (10).

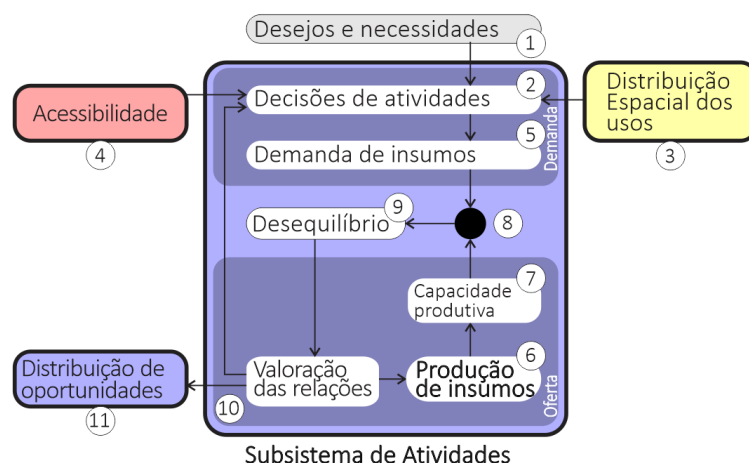
## 4.3 Representando o Subsistema de Atividades

Há tempos, a literatura especializada argumenta que a modelagem integrada evolui na direção da modelagem baseada em atividades (Kitamura, 1996; Ortuzar & Willumsen, 2011; Miller, et al., 1998; Wegener & Fürst, 1999). Em outro trabalho Arentze e Timmermans

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

(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”. Cada atividade contemplada tem como efeito primário a satisfação de uma necessidade básica que foi a geratriz da ação, e geram efeitos que são o estopim de novos desejos e necessidades. 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 dinâmica própria.

Quanto ao funcionamento interno do sistema de atividades, seguindo a mesma analogia utilizada nos demais subsistemas. Pretendemos desenvolver conceitualmente a modelagem do subsistema de atividades a partir da identificação dos elementos que fazem parte das suas ofertas e demandas. A primeira percepção é que os modelos geralmente reconhecem este subsistema de três formas distintas; alguns modelos resumem as atividades a decisões relativas a trabalhar e residir, ou reconhece atividades como resultantes de múltiplas relações econômicas, e há quem reconheça-as a partir de agendas ou listas de necessidades pessoais. Todas estas abordagens sugerem a existência de demanda por atividades, o que logicamente sugere a existência de uma porção relativa à oferta, em que tais atividades estão disponíveis, respeitados limites infraestruturais e não-infraestruturais, para o usufruto dos atores do sistema. Portanto, estruturamos o sistema de atividades (Figura 7) da seguinte maneira:



**Fig. 7 Representação do funcionamento interno do subsistema de Atividades.**

A partir de um conjunto de “desejos e necessidades” básicas (1), atores tomam “decisões de participar em atividades” (2), ou seja, em quais atividades pretendem se 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

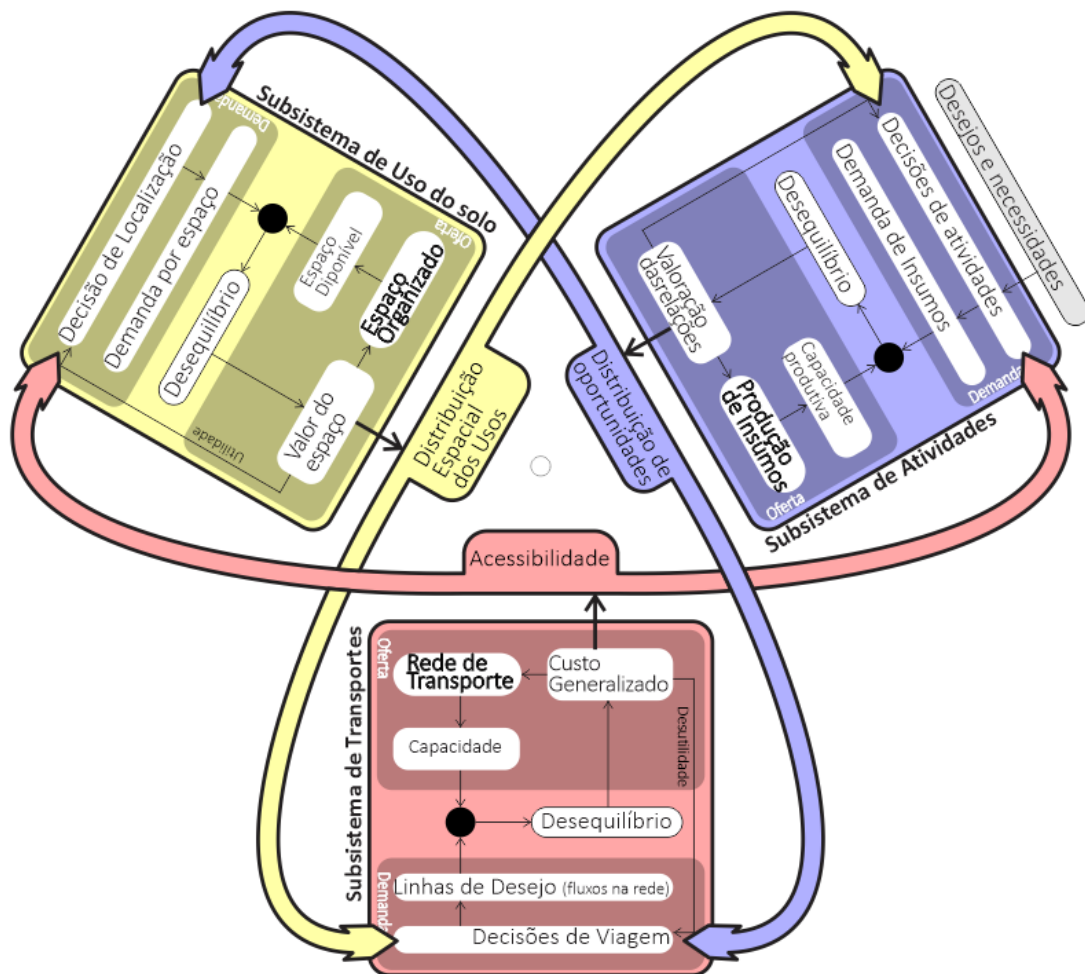
1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC



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).

## 5 Proposta de Modelo ALUTI

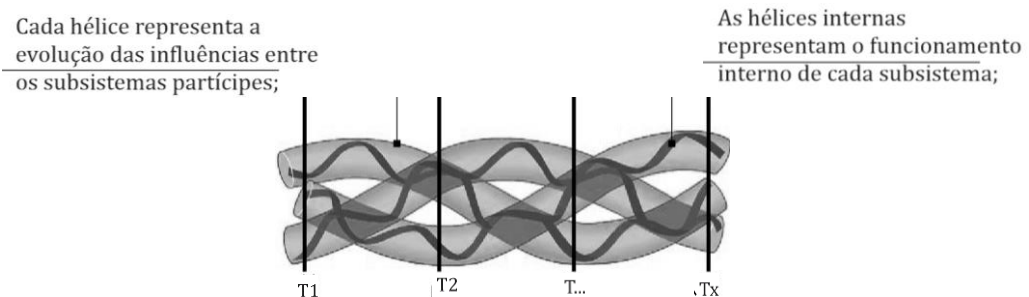
Construímos uma modelagem do sistema ALUTI (Figura 8) adotando as representações construídas para cada um dos subsistemas sob estudo, ilustrados nas Figuras 5, 6 e 7. O modelo enfatiza a utilização dos indicadores de impacto (entre subsistemas) de cada um dos subsistemas (a citar: “acessibilidade” para 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. 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.



**Fig. 8 Proposta de modelo ALUTI, baseada no modelo “a priori”.**

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

A primeira restrição é que sua condição de retroalimentação não está explicitamente expressa no fluxograma da Figura 8, onde os “*outputs*” de cada subsistema modelado são conectados diretamente aos demais subsistemas, parecendo ser cíclico. Esta representação gera confusão em relação à condição de dinamicidade dos subsistemas ao longo do tempo. Presume-se que, uma vez influenciados pelos demais subsistemas, um subsistema qualquer se transforma e acaba por alterar o seu “*output*” na próxima iteração. Portanto, o modelo assemelha-se mais a uma espécie de helicoidal tripla (Figura 9), em que cada “camada” da espiral representa um corte temporal. Os produtos desta fatia de tempo influenciam os demais subsistemas em um tempo posterior, papel importante prestado pela cronologia nas relações de dependência entre os subsistemas (da Figura 9, mudanças em T1, que geram efeitos em T2, que geram efeitos em T3, etc.). Entretanto, reconhecemos 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 discretizá-las nos vários ciclos decisórios de cada subsistema, veríamos que as unidades de transformação associadas aos três subsistemas ocorrem em tempos distintos, alimentando e sendo alimentadas em ritmos diferentes, para cada tipo de relação. Ex.: Mudanças infraestruturais (Ex.: alterações na rede de transporte) mudam muito lentamente; mudanças nas ocupações do espaço (ex.: novas residências) que são lentos; mudanças socioeconômicas (ex.: empregabilidade ou densidades) podem mudar mais rapidamente; e mudanças de movimentos (ex.: congestionamentos ou escolha de destinos) são os mais rápidos processos).



**Fig. 9 Exemplo de helicoidal tripla. O modelo presume que os “*outputs*” de cada subsistema (tempo 1), alimentam os demais subsistemas em um tempo subsequente.**

Uma segunda limitação é que este modelo não reconhece influências diretas dos diversos subsistemas sobre a oferta. Isto significa que (por exemplo) decisões de alteração na oferta da rede de transportes seriam exclusivamente influenciadas pelos resultados das relações de desequilíbrio internos deste subsistema. O modelo somente prevê influências indiretas sobre a oferta, através da medida de desempenho do subsistema. A última limitação identificada refere-se à utilização do termo acessibilidade para designar o impacto, ou “*output*” do subsistema de transportes. Acreditamos em um significado mais amplo do termo, onde podem ser incorporados os valores referentes ao desempenho de qualquer um subsistema que acabam por funcionar como restrições ao bom funcionamento dos demais. Por motivos de comunicação continuaremos utilizando o termo acessibilidade no modelo, seguindo a terminologia da literatura corrente (Van Wee, et al., 2013). Sabemos, no entanto, que um novo entendimento é necessário

## 6 Comentários Finais

O reconhecimento das relações entre as partes componentes do sistema serve de ponto de partida para que planejadores possam entender e quantificar as influências entre subsistemas.

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

Para exercer tal prática, em geral, planejadores fazem uso de indicadores. Apontamos aqui a importância de indicadores de desempenho (internos dos subsistemas) e de impacto (que explicitam os efeitos entre subsistemas) para o desenvolvimento de uma modelagem complexa. É amplamente reconhecida a importância dada às medidas de acessibilidade como indicador de integração dos subsistemas urbanos, e vem evoluindo para além da simples constatação de desempenho do sistema de transportes, assumindo uma característica de medida ampla de restrição (Levine e Grab, 2002). O modelo ALUTI proposto corrobora este conceito ao incorporar tais restrições (medida ampla de acessibilidade) nos indicadores de impacto, aceitando que a acessibilidade decorre de uma componente de transportes (infraestruturais), bem como de componentes de uso do solo (locais), e de atividades (socioeconômicas). Deste modo, os elementos “acessibilidade” (transportes), “distribuição de usos” (uso do solo) e “distribuição de oportunidades” (atividades), (ilustrados na figura 8) são interpretados como medidas complementares de acessibilidade para todo o sistema. Este conceito abrangente de acessibilidade é o que pretendemos consolidar junto à comunidade de modo a viabilizar a modelagem e a construção de indicadores complexos para a problemática tratada pelo planejamento urbano integrado. Em resposta aos nossos objetivos iniciais, reconhecemos neste esforço pelo menos três contribuições para a descrição dos problemas relativos ao planejamento complexo das cidades. Primeiro, a constatação de premissas de causalidade, que surgem da observação do fenômeno urbano, representadas nas ligações internas do modelo ALUTI. Elas alertam para as relações que devem nortear qualquer esforço de planejamento urbano, auxiliando tanto na descrição das situações atuais quanto na construção de cenários futuros. Segundo, ao descrevermos o sistema pelos desequilíbrios dentro de cada subsistema, facilitamos a representação dos problemas pelos planejadores. Pelo ALUTI, o planejador deve ser capaz de reconhecer que certas demandas não são atendidas, ou que soluções podem surgir de repensarmos tanto as porções da demanda quanto da oferta dos três subsistemas concomitantemente. Terceiro, o modelo ALUTI sugere quais indicadores representam estes desequilíbrios dos subsistemas (problemas), bem como os impactos entre subsistemas. Caracterizar problemas e as influências externas dos fenômenos constituem fases indispensáveis à construção de alternativas de solução do planejamento, e à decisão de quais soluções devem ser empregadas. Mais ainda, o esclarecimento quanto aos problemas e impactos nos permitiria uma comunicação mais clara entre comunidades científicas distintas. Reconhecermos problemas similares ou contraditórios constitui o primeiro passo para entendermos a natureza complexa do funcionamento das cidades. Frisamos, por fim, a importância das heurísticas, próprias de cada esforço de pesquisa e diretamente dependentes de cada caso sob estudo.

## **Agradecimentos**

Agradecemos à Fundação CAPES e à UNIFOR por todo o apoio dispensado a esta pesquisa, sem os quais ela não teria sido possível de se executar.

## **Referências**

Arentze, T. A. e Timmermans, H. P. (2009) A need-based model of multi-day, multiperson activity generation. *Transport Research part B: Methodological*, 43(2).

Cascetta, E.(2009)*Transportation System Analysis:Models and Applications*. NY:Springer.

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC

Curtis, C. e Scheurer, J. (2010) Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning*, Volume 74, pp. 53 - 106.

de la Barra, T. (1989) *Integrated land-use and transport modeling: Decision chains and hierarchies*. Cambridge: Cambridge University Press.

Geurs, K. T. e Van Wee, B. (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, Volume 12.

Geurs, K. e Van Eck, J. R. (2001) *Accessibility measure: review and application*, Utrecht: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Iacono, M., Levinson, D. e El-Geneidy, A. (2008) Models of transportation and land use change: A guide to the territory. *Journal of Planning Literature*, 22(4), pp. 323-340.

Kitamura, R. (1996) *Applications of Models of Activity Behavior for Activity Based Demand Forecasting*, Washington DC: s.n.

Levine, J. e Grab, Y. (2002) Congestion pricing's conditional promise: promotion of accessibility or mobility. *Transport Policy*, Volume 9, pp. 179-188.

Magalhães, M. T. Q. e Yamashita, Y. (2009) *Representando o Planejamento*, Brasília: Textos para Discussão, Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes. UnB .

May, A. D. (2005) *A Decision Maker's Guidebook - Developing Sustainable Urban Land Use and Transport Strategies*, Leeds, UK: s.n.

Miller, E. (2003) Land use: transportation modeling. Em: K. G. Goulias, ed. *Transportation system planning: Methods and applications*. s.l.:CRC Press, pp. 155-178.

Miller, E., Krieger, D. S., Hunt, J. D. e Badoe, D. A. (1998) *Integrated urban models for simulation of transit and land-use policies*, Toronto: s.n.

Ortuzar, J. D. e Willumsen, L. G. (2011) *Modelling Transport*. 4th ed. New York: Wiley. Stead, D., 2001. Relationship between land use, socioeconomic factors and travel patterns in Britain. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(4), pp. 499-528.

Timmermans, H., (2003) *The saga of integrated land use- transport modeling: How many more dreams before we wake up?*. Lucern, Switzerland, s.n.

Van Wee, B. (2002) Land use and transport: Research and policy challenges. *Journal of Transport Geography*, 10(4), pp. 259-271.

Van Wee, B., Annema, J. A. e Banister, D. (2013) *The transport systema and transport policy: An introduction*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.

Wegener, M. (2014) Land-use transport interaction models. Em: M. M. Fischer & P. Nijkamp, eds. *Handbook of Regional Science*. Berlin: Springer Reference, pp. 741-758.

Wegener, M. e Fürst, F. (1999) *Lan-Use Transport Interaction: State of the Art*, Dortmund.

1. Filiado à Universidade de Fortaleza - UNIFOR
2. Filiados à Universidade Federal do Ceará - UFC