

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GABRIEL CAPOCCI

TRANSPORTE INTELIGENTE & MOBILIDADE URBANA
ANÁLISE DOS TRANSPORTES INTELIGENTES COMO UMA
CONTRIBUIÇÃO À MOBILIDADE URBANA

VITÓRIA

2017

GABRIEL CAPOCCI

TRANSPORTE INTELIGENTE & A MOBILIDADE URBANA
ANÁLISE DOS TRANSPORTES INTELIGENTES COMO UMA
CONTRIBUIÇÃO À MOBILIDADE URBANA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de
Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal do
Espírito Santo como requisito parcial
para obtenção da graduação em
Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patricia
Alcântara Cardoso

« In so many and such important ways, then, do the planets bear witness to the earth's mobility »

Nicolaus Copernicus

RESUMO

A frente a dos desafios ambientais que a humanidade enfrenta, deve-se buscar soluções eficazes de cumprir os acordos ratificados durante as cimeiras mundiais. Além disso, a urbanização cresce e deverá atingir 50% da população em 2050, visto que as populações já sofrem os impactos do congestionamento de veículos. Tendo isso, o interesse da presente pesquisa se concentra nos conceitos de mobilidade urbana e transporte inteligente (STI). A chegada dos novos meios de comunicação, cada vez mais poderoso e eficaz, permitiu o desenvolvimento de novos meios de transporte, chamada transporte inteligente. Indo dos serviços de mobilidade como Uber, até os carros autônomos passando pelos equipamentos mecânico, os sistemas de transporte inteligente, atual e em desenvolvimento, estão incontável. A questão é agora é de saber quais vão ser os efeitos da introdução desses novos transporte na mobilidade urbana. Portanto, procedeu-se, em primeira instância, a uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de mobilidade urbana e de transporte inteligente, afim de estabelecer o campo de estudo e uma metodologia de pesquisa para responder no problema colocado. Em segunda instância, foi considerado três aspectos da mobilidade urbana e dos STIs, o econômico, o ambiental e o social. A partir de lá, desenvolvemos um sistema de indicadores, representativo da mobilidade urbana, afim de avaliar os impactos dos STIs. Cortamos os sistemas de indicadores em 4 abordagens, econômica, ambiental, social e socio-técnica (própria dos STIs) e buscamos métodos de quantificação desses indicadores em relação aos diferentes setor dos STIs. Os resultados obtidos nessa pesquisa mostram quais ações devemos tomar para monitorar, analisar, a implementação de um STI numa área urbana dada. Além disso, confirmam que o assunto sobre transporte inteligente é recente, tendo em vista que a maior parte das publicações encontradas ocorreu a partir de 2010. A falta de dados históricos, o fato que alguns equipamentos estão em desenvolvimento, não permitem de tirar conclusões precisas.

Palavras – Chaves : Mobilidade Urbana, Transporte Inteligente, Intermodalidade, Deslocamento de bens e pessoas, Sistemas de informação.

ABSTRACT

In front of the environmental challenges that the humanity has to face, we have to find solutions to enforce the agreements ratified during the world summits. Furthermore, the urbanisation is growing and should reach 50% of the populations by 2050, knowing the fact that they are already suffering of the congestion of the cities. That is why we focused in this research, on the concept of Urban Mobility and Intelligent Transport System. The arrival of new ways of communications, always more powerful and effective, allowed the development of news means of transportation, called Intelligent Transportation. From mobility service, like uber, until autonomous cars, passing by mechanic equipments, the Intelligent Transport Sytems, actual and in development, are innumerous. The question now is to know what will be the effects of the introduction of those new means on the urban mobility. Therefore, on the first hand, we did a bibliografic review of the concepts of Urban Mobility and Inteligent Transport System, to establish a field of study and a research methodology to answer the problem. On the second hand, we considered three aspects of the Urban Mobility and the ITS, an economic, an environmental and a social one in order to develop a list of indicators, representing Urban Mobilty to assess the impacts of ITS. We separated the indicators sytems in four approaches, an economic, an environmental, a social and a socio-economic one (specific to ITS) and we searched for quantitative methods in relations with the different sectors of the ITS. The results, obtained with this research, show what actions we have to take to control, and analyse the implentation of an ITS in a specific urban area. Furthermore, we confirmed that the subject is very recent, having in mind that most of the publications happened after 2010. The lack of historic datas and the fact that some tecnologies are still in development don't allow to draw precise conclusions

Key-words : Urban Mobility, Intelligent Transportation, Intermodality, Moving of goods and people, Informations system

Table des matières

I.	INTRODUÇÃO	10
1.	Contextualização e justificativas	10
2.	Objetivos	11
1)	Objetivo geral	11
2)	Objetivo específicos	11
II.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	12
1.	Mobilidade urbana	12
1)	Definição	12
2)	Modelos de mobilidade urbana	12
a.	Modelo 4 etapas	13
b.	Modelos baseados em Atividades	15
c.	Modelos de uso de solo.....	17
d.	Planos de Mobilidade no Brasil	19
e.	Os Desafios	21
2.	Sistemas de transporte inteligente (STI).....	22
1)	Definição	22
2)	Setores de aplicações.....	24
a.	Setor de serviços: MaaS	24
b.	Setor logístico.....	29
c.	Setor elétrico V2G: Vehicle to Grid.....	30
d.	Setor mecânico	31
e.	Setor computação: Projeto de pesquisa FMS Future Mobility Sensing.....	32
f.	Setor Inteligência Artificial: Veículos autônomos.....	34
III.	METODOLOGIA	35
IV.	OS INDICADORES DA MOBILIDADE URBANA	37
1.	O Campo de estudo	37
2.	Um sistema de indicadores atual	38
3.	As diferentes abordagens	41
1)	A Abordagem Ambiental.....	42
2)	A Abordagem econômica	43
3)	A abordagem social.....	44
4.	Síntese	45
V.	OS INDICADORES DOS TRANSPORTES INTELIGENTES.....	48

1. O campo de estudo	48
2. As diferentes abordagens	50
1) A abordagem ambiental.....	50
2) A abordagem econômica e social.....	51
3) A abordagem sociotécnica.....	52
1. Síntese	52
VI. MEDIÇÃO DOS INDICADORES.....	54
1. Medição do indicadores econômico	54
2. Medição dos indicadores sociais.....	57
3. Medição dos indicadores ambientais	60
4. Medição dos indicadores socio-tecnicos	63
CONCLUSÃO.....	66
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	68
REFERÊNCIAS	69

LISTA DAS TABELAS

Tableau 1. Exemplos de serviços do STI na MaaS Fonte: MaaS Global	23
Tableau 2. Vantagens da MaaS Fonte: MaaS Global	25
Tableau 3. GALLEZ (2000) Apresentação do quadro geral dos indicadores de avaliação..	40
Tableau 4. Categorização dos custos dos veículos motorizados LITMAN 2009	43
Tableau 5. Síntese dos indicadores da mobilidade urbana Adaptado pelo autor	46
Tableau 6. números de referências dos indicadores identificados.....	47
Tableau 7. números de referências dos indicadores identificados.....	53
Tableau 8. Sistema de medição dos indicadores econômico, por setores	56
Tableau 9. Sistema de medição dos indicadores sociais, por setores	59
Tableau 10. Sistema de medição dos indicadores ambientais, por setores	62
Tableau 11. Sistema de medição dos indicadores sociotécnicos, por setores	65

LISTA DAS FIGURAS

Figure 1. ciclo de realimentação uso de solo-transporte Wegener e Fürst (1999)	17
Figure 2. passo a passo para a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana	20
Figure 3. Comparação modelos de planejamento SCHILLER et al. 2010	20
Figure 4. Benefícios das MaaS Fonte: Catapult Transport Systems	24
Figure 5. Aplicação Whim Fonte: MaaS Global	27
Figure 6. Dados sobre Helsinki X Whim Fonte: MaaS Global	28
Figure 7. Funcionamento do sistema V2G Fonte: Notas de aulas University of Delaware ..	30
Figure 8. Exemplos de STI Fonte: Google Image	31
Figure 9. Arquitetura do sistema de FMS Fonte: SMART Research Projects	32
Figure 10. Processo de funcionamento do FMS Fonte: SMART Research Projects	33
Figure 11. Exemplos de STI Fonte: Google Image	34
Figure 12. As três abordagens da mobilidade urbana.....	41
Figure 13. Atores afetando a implementação BEKIARIS et al (2004).	49

I. INTRODUÇÃO

1. Contextualização e justificativas

Na década de 60, o mundo da pesquisa deu foco à luta contra os efeitos negativos dos transportes: poluição da ar, consumo de combustível e de fato emissão de gases de estufa, o tempo gasto dos usuários, resultante do crescimento da população, da urbanização e do crescimento do número de automóveis.

Com o desenvolvimento dos sistemas de informações, hoje é possível de usar sempre mais dados dos usuários, do tráfego, fala-se então de transportes inteligentes. São ditas inteligente porque eles são baseado nas funções associados à inteligência : habiliaddes sensoriais, memória, comunicação, processamento da informação e comportamento adaptativo. Os STIs (Sistemas de Transporte Inteligente) se incorporam no contexto de desenvolvimento sustentavel substituindo os carros com meios de transporte mais ecológico.

Os STIs nasceram da aplicação das tecnologias de informação e comunicação ao transportes. A revolução digital nos permitiu coletar dados, trata-los e transforma-los em informações. Ao mesmo tempo, a comunicação “Wireless” apareceu, mudando nossa vida diária. Os STIs apareceram por sua vez, revolucionando a nossa maneira de se mover. Com essas soluções de mobilidade inteligente, é agora possível conhecermos, em tempo real, o nosso meio ambiente e de interagirmos com ele. A inteligência digital faz a mobilidade mais inteligente também. Ela se torna mais eficiente, mais segura, mais econômica e mais sustentável. Isso torna-se um benefício para motoristas individuais, usuários de transporte públicos, empresas de entregas e também para as autoridades públicas e os gestores de infraestruturas e serviços, bem como a população em geral

Tendências atuais mostram que mais pessoas vão escolher utilizar transporte motorizado privado, até 6.2 bilhões de viagens cada dia nas cidades do mundo, sabendo que 95% do tempo os carros estão parados. Em 2050, 50% da população irá morar em cidades. A questão ecológica, portanto, se torna um dos desafios da mobilidade inteligente.

Hoje a mobilidade inteligente precisa ser aplicada em uma escala global que permitiria a multimodalidade e a intermodalidade dos meios de transportes. Ofertando soluções de mobilidade urbana eficientes, econômicas, seguras, as pessoas serão menos motivados para pegar transporte motorizado privado.

2. Objetivos

1) Objetivo geral

Nesse estudo, nós vamos focar nos conceitos de mobilidade urbana e de transportes inteligentes.

- **Como identificar os impactos dos transportes inteligentes na mobilidade urbana e apontar recomendações para medir-lôs?**

2) Objetivo específicos

- Definir Mobilidade urbana;
- Identificar as principais tecnologias de transporte inteligente existente no mundo;
- Estudar os diferentes ramos da engenharia em relação aos transportes inteligentes;
- Estudar as aplicações de STIs através do mundo;
- Analisar os Modelos de Mobilidade urbana existentes;
- Identificar os benefícios da aplicação dos STIs.

II. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1. Mobilidade urbana

1) Definição

Durante séculos, as Cidades foram lugares lotados, e sem dúvidas, vão continuar crescer desse jeito. Mas como a Mobilidade urbana de amanhã será diferente de hoje? O século XX, o século dos carros, permitindo de comutar até 80km cada dia, deixou uma expansão urbana gigantesca.

Mas o futuro já chegou com o web 3.0 e o internet móvel, conectando todo mundo que possui um smartphone, ou seja a maior parte da população. O futuro da Mobilidade urbana continuará a utilizar os transportes públicos, melhorando-os, mas com esses sistemas de informações e de comunicações, a Mobilidade combinada aparece como uma estratégia sustentável promissora. De fato, se propoermos mais soluções de transporte adequados para cada pessoas, nos falaremos de Multimodalidade e Intermodalidade. A Mobilidade combinada misturará os transportes públicos convencionais e transportes individuais privados, abandonando a Monomodalidade dos carros do século XX.

É importante destacar que a Mobilidade urbana não se refere apenas às pessoas mas também às cargas.

2) Modelos de mobilidade urbana

Segundo NUNES 2012, o Planejamento de transportes tem como objetivo estimar o padrão dos fluxos (viagens de pessoas e veículos) numa área determinada, a fim de avaliar alternativas de investimento nos Sistemas de Transportes de forma a atender à demanda futura. De acordo com a cobertura do plano de ação no sistema de transporte, é necessário e coleta informações sobre a rede viária, sistemas de transporte coletivo, demanda por viagens, frotas, além da pesquisa da origem e

destino, bem como variáveis socioeconômicas (densidade, população, empregos...) e também a análise acerca das legislações pertinentes.

Esta coleta de informação seria um suporte no desenvolvimento dos modelos de mobilidade urbana.

As pesquisas de Origem e Destino são as principais fontes de informação para estabelecer os modelos de mobilidade. Os dados coletados, juntos com a análise dos sistemas permite formular esses modelos e, portanto, prever o comportamento futuro da demanda de transporte. Os modelos de mobilidade urbana tentam prever demandas futuras por meio de recursos matemáticos, computacionais e comportamentais, entre outros.

a. Modelo 4 etapas

Segundo MARTIN e McGUICKIN 1998, esse modelo é utilizado para estimar o número total de produção de viagens em cada zona, pré-definida, da área de estudo. O objetivo é realizar uma matriz futura de viagens, a Matriz Origem/Destino segundo os próximos passos:

- **Passo 1 : Geração de Viagens**

Essa etapa do planejamento dos transportes está relacionada a previsão dos tipos de viagens de pessoas ou de veículos. Portanto, essa modelagem depende da quantidade e da qualidade dos dados coletados e dos modelos utilizados. Existem :

- Modelo do fator de crescimento : Pouco utilizado;
- Modelo de taxa de viagens : Determina o número de viagens pelo tipo de ocupação do solo. Para cada tipo de atividades define-se uma taxa de produção/atração de viagens;
- Modelo de Regressão;
- Entre outros.

- **Passo 2 : Distribuição de viagens**

Esse passo é a determinação da origem e do destino das viagens geradas entre as diferentes zonas componentes da área de estudo. Do mesmo jeito que o último passo, existem vários modelos a fim de definir a distribuição de viagens

- Modelos de fator de crescimento
 - Uniforme : Fator único para todas zonas
 - Médio : Fator médio entre duas zonas interligadas
- Modelos sintéticos
 - Modelos de oportunidades : Teoria das probabilidades
 - Modelo gravitacional : Massas e distâncias

- **Passo 3 : divisão modal**

O objetivo desse passo é destinar aos diferentes modos de transporte as viagens com origem na zona I e destino J, ou seja, definir as zonas de ação dos diferentes modos. Ela é feita com base nas variáveis utilizadas pelo usuário para fazer sua escolha. Assim, os fatores que influenciam a divisão modal são as características socioeconômicas e as características dos serviços dos modos de transporte. Existem dois tipos de modelos de divisão modal:

- Determinísticos : Determina a proporção de viagens para cada modo, utilizando métodos quantitativos : Regressão linear, classificação cruzadas (Divisão da população em grupos homogêneos)
- Probabilísticos : Utilizam a probabilidade de escolha de cada modo para determinar a proporção de viagens

- **Passo 4 : Alocação de viagens**

Nesse passo, procede-se a atribuição das matrizes de viagens obtidas nos diversos modos as redes correspondentes. Permite-se estimar os fluxos de tráfego em vias estratégicas com uma base de comparação de sistemas de transportes a médio e longo prazo. O problema de alocação é tipicamente rodoviário, uma vez que a densidade desta rede é muito mais alta que as dos outros sistemas, a qual oferece diferentes opções para o usuário. Diversos modelos podem ser aplicados para a alocação das viagens, cada um deles aplicáveis à situações específicas.

b. Modelos baseados em Atividades

Segundo SERRA 2005, o foco desse modelo é a interação entre a participação em atividades e o padrão de viagem. São modelados os mecanismos que os indivíduos usam para decidir quais viagens eles vão realizar, ou seja, as decisões de viagens e as viagens necessárias para a realização de suas atividades, esta abordagem reconhece as complexas interações entre a participação em atividades e o comportamento de viagem individual.

No processo de simulação podem ser consideradas:

- Interações entre os membros do domicílio;
- Tipos de atividades que cada um deve realizar;
- Padrão de uso de solo;
- Carros disponíveis;
- Recursos financeiros;
- ...

Existem diferentes abordagens utilizando o desenvolvimento dos modelos de atividades:

- Modelos de atividades que utilizam a teoria da maximização da utilidade: Fundamentam-se na hipótese de que a probabilidade de um indivíduo escolher uma determinada alternativa é função das atratividades das alternativas disponíveis. Representa-se a atratividade com o conceito de utilidade, geralmente definida como um conjunto de variáveis que representam as características. O objetivo é de avaliar a probabilidade de escolha entre alternativas similares (ônibus ou metrô, por exemplo). Pode-se citar o modelo PETRA ou COBRA.
- Modelos de atividades baseados em restrições : Esses modelos verificam se um determinado padrão de atividades pode ser realizado em um específico ambiente de espaço e tempo. O ambiente espaço-tempo é definido em termos de localização da realização da atividade, dos modos de transporte disponíveis e tempo de viagem. Para verificar a viabilidade de uma programação de atividades, usa-se algoritmos para gerar todas as possíveis seqüências de atividade. Dito isto, verifica-se a existência de conflitos de horários na seqüências de atividades, por exemplo. Podemos citar o modelo CARLA ou MASTIC.

Existem outros tipos de modelos de atividades baseados em regras lógicas ou que utilizam técnicas de microsimulação:

c. Modelos de uso de solo

Segundo LAM e BELL 2003, a inter-relação entre uso de solo e transportes, ou seja, as decisões de viagens e a distribuição das atividades influenciam uns aos outros. Pode ser representada pelo ciclo de realimentação do uso de solo-transporte desenvolvido pelo Wegener e Fürst (1999):

- Distribuição dos tipos de uso de solo (residencial, industrial ou comercial) em áreas urbanas;
- Distribuição espacial das atividades humanas;
- Distribuição da infra-estrutura dos sistema de transportes;
- Distribuição da acessibilidade.



Figure 1. ciclo de realimentação uso de solo-transporte | Wegener e Fürst (1999)

Vários modelos que integram os sistemas de transportes e o uso de solo foram desenvolvidos para prever os padrões de desenvolvimento do solo urbano dos sistemas de transportes. Podemos citar como exemplo os modelos seguinte :

- ILUMASS (Integrated Land-Use Modelling And Transportation system Simulation) : Estrutura-se em 3 componentes:
 - O componente do uso de solo: Técnicas de microssimulação para modelar as alterações (Tipos de edifícios, desenvolvimento demográfico, ...);
 - O componente de transporte: Simulação da mobilidade baseada em modelos microscópicos de padrão de viagens, fluxo de tráfego...;
 - O componente do meio: Impactos dos transportes e do uso de solo (Qualidade do Ar, barulho, emissões de gases).
- ABSOLUTE (Activity-Based System of Land Use and Transport events) :
é o resultado da integração de um modelo de atividades a um modelo de uso de solo.
- TRANUS (Integrated Land Use and Transport Modeling System)
 - Simular os efeitos de políticas de projetos de uso do solo e de transporte;
 - Avaliar esses efeitos de um ponto de visto social, econômico, ambiental.

d. Planos de Mobilidade no Brasil

i. *PNMUS*

Considerando que a mobilidade urbana é um fator importante para a sustentabilidade, o Ministério das Cidades aprovou o PNMUS (Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável) em 2004. Entre os pontos que o PNMUS exige em Estruturação de políticas locais de transporte e legislação municipal, existem :

- Redução do número de viagens motorizadas;
- Revisão do desenho urbano;
- Revisão dos padrões de fluxos;
- Incentivos para o uso de veículos não motorizados;
- Reconhecimento da importância da locomoção pedestre.

ii. *PlanMob*

O PlanMob é uma lei sobre mobilidade urbana, criada pelo Ministério das Cidades do Governo Federal do Brasil em 2007. Segundo o Caderno de Referência PlanMob, o objetivo é de orientar municípios e estados para a construção de Planos de Mobilidades Urbana, municipais e regionais.

O caderno buscou dar um panorama da Política Nacional de Mobilidade Urbana, que traz as orientações para a gestão da mobilidade urbana em todo o país. Explicita os meios de transporte, as redes, as respectivas infraestruturas e a forma com que interagem com o espaço urbano. O meio ambiente e os aspectos de sustentabilidade ambiental são também tratados. Além disso, o caderno traz diretrizes para o planejamento da mobilidade urbana com todos os aspectos que o envolvem e os instrumentos disponíveis. Encontram-se os conteúdos mínimos necessários para a elaboração dos planos, com as pesquisas prévias, o diagnóstico e as avaliações necessárias. Por fim, descreve a metodologia proposta e o “passo a passo” para a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana.



Figure 2. passo a passo para a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana

Procedimento tradicional	Transporte Sustentável
Enfatiza a mobilidade e a quantidade (mais viagens, mais rápido)	Enfatiza a acessibilidade e a qualidade (mais próximo e melhor)
Enfatiza um modo (unimodalidade, uso do automóvel)	Enfatiza a pluralidade (multimodalidade)
É comum faltarem conexões entre modos	Enfatiza as interconexões (intermodalidade)
Acomoda e aceita tendências	Procura interromper e reverter tendências ruins
Planeja e constrói baseado em previsões da demanda (prever e prover)	Trabalha no sentido contrário, de uma visão da situação preferencial para proceder ao planejamento e à provisão (deliberar e decidir)
Expandir o sistema viário para atender à demanda	Administrar a demanda dos transportes e da mobilidade
Ignora vários custos sociais e ambientais	Incorpora todos os custos no planejamento e provisão
O planejamento de transporte ocorre de maneira isolada das áreas do meio ambiente, social e outras áreas de planejamento	Enfatiza o planejamento integrado, combinado os transportes com outras áreas relevantes

Figure 3. Comparação modelos de planejamento | SCHILLER et al. 2010

e. Os Desafios

Os transportes atuais melhoram sempre, mas o desafio é de oferecer serviços de melhor qualidade, mais rápidos, mais seguros, mais eficientes e inovadores. Na França, as questões ligadas à Mobilidade urbana são:

- A Segurança;
- Envelhecimento da população, acesso aos meios de transporte;
- Tráfego, engarrafamento: Um custo anual de 18 bilhões cada ano;
- Crescimento da população nos transportes públicos;
- Qualidade do ar.

O desenvolvimento de novas soluções de transporte se torna, portanto, muito importante. O desafio é melhorar as infraestruturas existentes e desenvolver as novas possibilidades dos STIs.

2. Sistemas de transporte inteligente (STI)

1) Definição

Os STIs nasceram da aplicação dos Sistemas de Informação (SI) nos Sistemas de transporte. A revolução informática trouxe várias oportunidades no desenvolvimento dos Sistemas de transportes, pois, disponibilizando um grande número de recursos não utilizados até hoje. As possibilidades de aplicações voltadas para os transportes inteligentes é extremamente amplo, abrangendo: sistemas de informações para usuários, gerenciamento de rodovias e de transporte coletivo, controle de tráfego e semaforico, gerenciamento de serviços de emergência, rastreamento de frotas de veículos de carga, de transporte público, entre outros. Basicamente os STIs dizem respeito a informação de:

- Coleta
- Compartilhamento
- Processamento
- Redistribuição

A finalidade da implementação dos STIs é de melhorar os transportes de pessoas e de cargas.

O desenvolvimento da arquitetura de STI segue os seguintes passos:

- Avaliação dos benefícios, definição da amplitude do STI
- Descrição das metas
- Definição das arquitetura básica : funções, informações, componentes físicos, entre outros.
- Consideração do meio: Restrições sociais, econômicas, políticas
- Definição do plano de implementação
- Definição de padrões, programas de treinamento, etc.

Podemos dividir a arquitetura dos STIs em três partes:

- Parte transporte: é a infra-estrutura física de STI como os usuários, veículos, equipamentos.
- Parte comunicação : é a infra-estrutura de informações que conecta os elementos da parte transporte. Essa parte faz a coordenação e compartilhamento de informações entre sistemas e pessoas
- Parte institucional : representa o meio no qual o STI vai ser implementado, como os papéis dos organismos governamentais, empresas privadas, associações de usuários ...

Segundo Relatórios do departamento de transporte dos Estados Unidos, podemos enumerar alguns tipos de serviços de STI:

Tableau 1. Exemplos de serviços do STI na MaaS | Fonte: [MaaS Global](#)

Gerenciamento de Viagens e Trafégo	• Informação anterior à viagem (pre-trip) • Serviços de informações para passageiros • Gerenciamento da demanda de viagens • Controle de trafégo
Operações de veículos comerciais	• Gestão de frotas comerciais • Logística de entrega • Rastreamento de cargas
Gerenciamento de transporte público	• Informações para os usuários • Gerenciamento integrado dos transporte público • Transporte coletivo personalizado
Pagamento eletrônico	• Serviços de pagamento eletrônico nos transportes públicos, no estacionamento

Nós vamos ver no seguinte, que os STIs são desenvolvidos em vários setores de aplicação diferentes.

2) Setores de aplicações

a. Setor de serviços: MaaS

A mobilidade como um serviço, ou Mobility-as-a-Service (MaaS) em inglês, é a representação do futuro da mobilidade urbana. Tradicionalmente, a estratégia da Mobilidade foi sobre o gerenciamento de frotas de veículos em redes. Com a MaaS, o objetivo, como um serviço, é de colocar o cliente primeiro enquadrando os sistemas de transporte ao redor das preferências dele. A MaaS oferece oportunidades para melhorar como as pessoas e as cargas se deslocam.

- Serviços personalizados
 - Pagamento Flexível
- Planejamento de viagens
 - Transações facilitadas
 - Gestão dinâmica



Figure 4. Benefícios das MaaS | Fonte: [Catapult Transport Systems](#)

Tableau 2. Vantagens da MaaS | Fonte: [MaaS Global](#)

Capabilidade	Vantagens
Serviço personalizado	• Estabelecimento de um relacionamento entre cliente e fornecedores • Viagens antecipadas e providas
Gestão dinâmica	• Informações em tempo real • Mudanças
Pagamento flexível	• Pre-pay • Pay-as-you-go • Post-pay
Transações facilitadas	• Usando smartphone • Cartão de crédito
Planejamento de viagens	• Tempo • Eficiência • Custo

Nós podemos ver na imagem acima que a MaaS se aplica a todos os tipos de transporte:

- Transportes públicos; 
- Compartilhamento de bicicletas (Bike-sharing); 
- Compartilhamento de carros (Car-sharing); 
- Serviços de taxi; 
- Aluguel de carro; 
- Soluções de Micromobilidade; 
- Entre outros...

A diversidade da MaaS ilustra o potencial de um sistema de transporte inteligente que atendesse aos requisitos dos clientes, suportando as mudanças de comportamento. De mais, generalizando e adotando um tal sistema, na escala global, nós responderíamos aos desafios de respeito ao meio ambiente, segundo esse exemplo:



O exemplo de Helsingi

Desde 2016, os habitantes de Helsinki em Finlândia têm acesso à aplicação Whim que os permite planejar e pagar viagens, usando ambos serviços públicos e privados de meios de transportes (Táxis, ônibus, bicicletas...), dentro da cidade. Todas pessoas, através do aplicativo, podem colocar o destino e escolher o modo de transporte que eles preferem. Se não existe um único modo de transporte para chegar lá diretamente, o aplicativo fornece a combinação. Os usuários podem pré-pagar o serviço com um subscrição mensal ou pagar cada viagem separadamente usando uma conta de pagamento ligada ao serviço. Whim foi desenvolvido para a empresa MAAS global. Inspirando-se do business model de Netflix, MAAS global oferece, em vez de possuir o seu carro, a possibilidade de se deslocar, do mesmo jeito que de assistir filme sem comprá-lo.

O objetivo é de fornecer um serviço tão eficiente para que os usuários se desloquem na cidade que eles escolherem abandonar seus veículos pessoais. Eles não são forçados, a alternativa é somente melhor. De acordo com Sampo Hietanen, o visionário na origem da aplicação Whim: "Nós queremos provar que podemos vencer o nível de serviço dos carros, ou pelo menos igualá-lo. Queremos mostrar que as pessoas se interessem, não só que podemos fazê-lo". A cidade planeja retirar todos automóveis pessoais até 2025 e de adicionar 250000 carros elétricos antes de 2030 para atingir um balanço de carbono neutro até 2050.

Helsinki se apresenta, desse jeito, com o líder do movimento da MaaS. Outras cidades como Eindhoven, Paris, Montpellier, Denver, Los Angeles, Barcelona tentaram combinar meios de transportes públicos e privados, usando a tecnologia peer-to-peer, sem grande sucesso até agora.



Figure 5. Aplicação Whim Fonte: [MaaS Global](#)

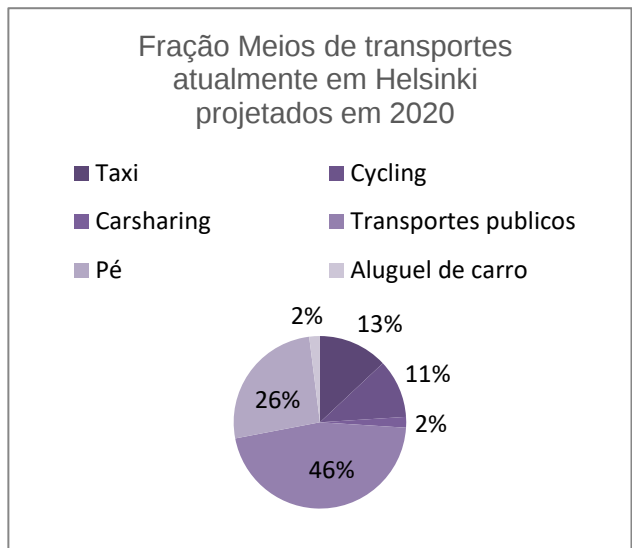
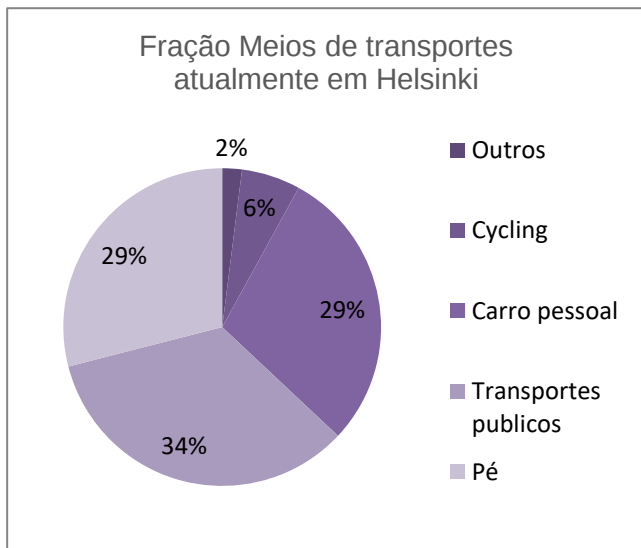
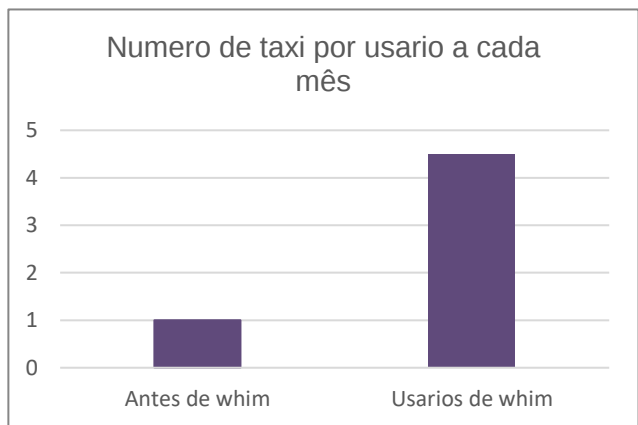
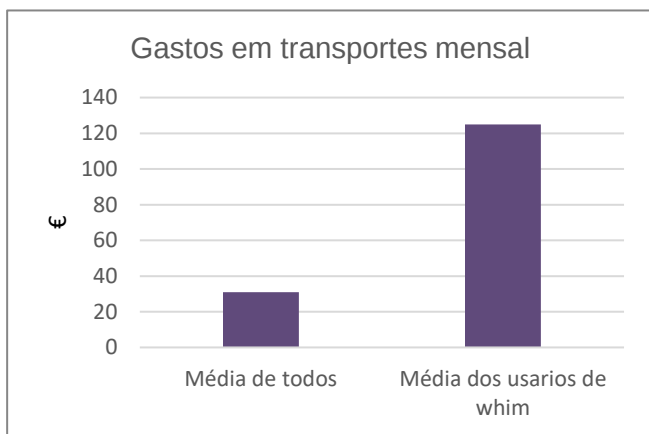
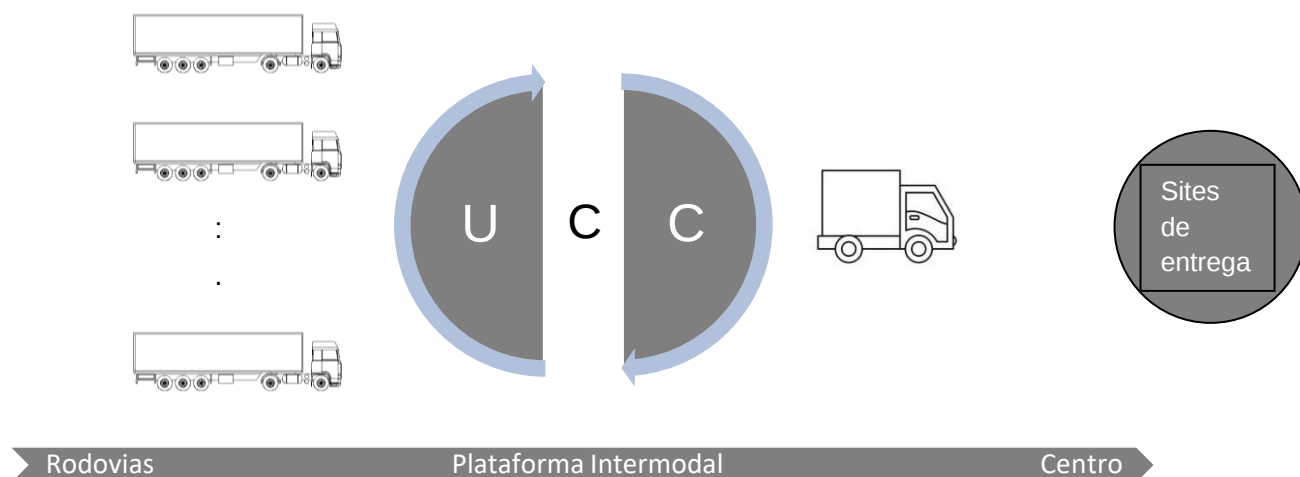


Figure 6. Dados sobre Helsinki X Whim Fonte: [MaaS Global](#)



b. Setor logístico

Os UCCs são facilidades de logística situadas perto da área que elas entregam, como o centro de uma cidade ou um shopping por exemplo. O objetivo dos UCCs é de diminuir os números de veículos para entregar, juntando as diferentes cargas entre si. Em vez de 10 caminhões que vão entregar dez cargas parciais, usaria um ou dois veículos adequados para entregar a locação, um bairro ou uma rua comercial por exemplo. Nós podemos ver um UCC como uma plataforma intermodal, localizada ao lado das rodovias e do acesso da cidade.



Desde 25 anos atrás, vários projetos de UCCs foram desenvolvidos no mundo inteiro e especialmente na Europa. Infelizmente, dos 150 projetos iniciados na Europa, apenas 5 sobreviveram, ou seja 95% de insucesso. Estudos empíricos mostram que os UCCs falharam por falta de cooperação entre os stakeholders (fornecedores, entregadores, lojas), falta de legislações e de ajuda do governo. As cadeias de mercadoria, as cadeias dos grandes armazéns, as cadeias de restaurantes já otimizaram seus sistemas de entrega, portanto, os UCCs seriam interessante para Negócios pequenos. Mesmo se o tráfego de entrega apenas representa cerca de 10% do tráfego na cidade (Aschauer and Starkl 2010, p. 6246), os UCCs poderiam ser políticas simbólicas para mostrar que as cidades tomam medidas para melhorar a qualidade do ar e reduzir os engarrafamentos.

c. Setor elétrico V2G: Vehicule to Grid

O V2G é um sistema baseado na capacidade das baterias de veículos elétricos. O objetivo é de reinjetar a eletricidade no rede elétrico através de um terminal bidirecional quando o veículo está parado para equilibrar a rede. Os veículos poderão estocar a eletricidade produzida pela energia renovável e retorná-la nos períodos de pico. Isso se trará um lucro para o proprietário do veículo.

O sistema V2G já existe no Japão a 3 anos, permitindo aos usuários retornar eletricidade ao rede elétrico e também alimentar a sua casa com o sistema vehicle to home (V2H). As empresas Mitsubishi, Toyota e Nissan são as líderes desse mercado e se expandem no EAU e na Holanda. De acordo com a Nissan Europa, na Holanda, o sistema V2G poderia render até 1.400 euros para os proprietários de veículos equipados.

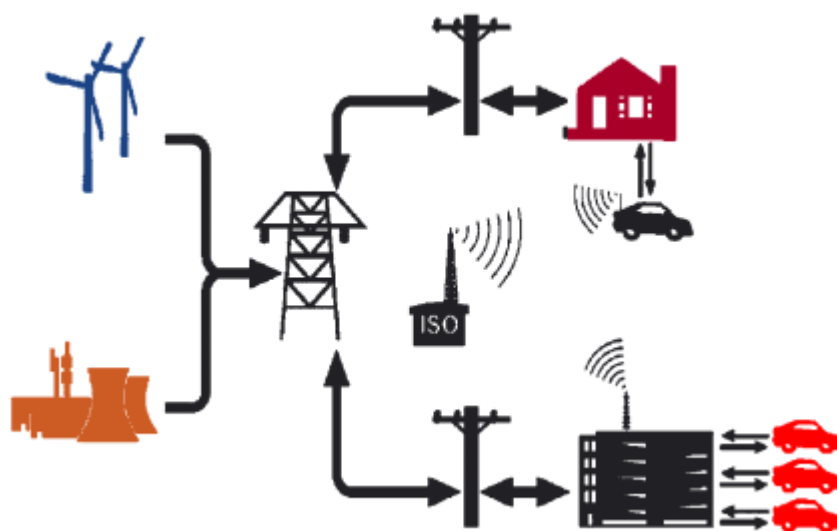


Figure 7. Funcionamento do sistema V2G | Fonte: Notas de aulas [University of Delaware](#)

d. Setor mecânico

Os STIs são também bastante envolvidos na concepção dos veículos, podemos citar:

- Os freios ABS: (Anti-Blocking System) : Um sistema de frenagem que evita que a roda bloqueie durante uma fase de frenagem forte ou de emergência. Portanto, o objetivo desse sistema é de evitar que o carro entre em derrapagem, deixando o automóvel sem aderência. Atualmente o ABS é um sistema eletrônico, composto de sensores, que monitoram a rotação de cada roda e comparam com a velocidade do veículo. Se a unidade de controle do ABS detecta que uma ou mais rodas tendem a travar, ele modula a pressão de frenagem nas rodas evitando que as rodas travem, garantindo uma frenagem segura.
- Projeto de limitador de velocidade inteligente LAVIA: Usando o GPS, a posição do veículo é tratado por um sistema de bordo composto de mapas digitalizados das rodadas. Uma vez que a posição é conhecida, o computador de bordo acha a velocidade regulamentada e transmite para os sistema de movimentação. Existem vários modos que o usuário pode utilizar dependendo do contexto (Rodovias, centro ..)
- Ajuda ao estacionamento: Conjunto de câmeras no veículo que ajuda o motorista a estacionar o veículo.

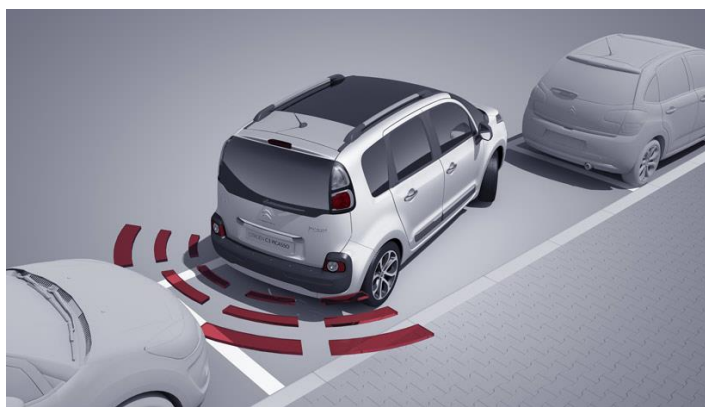


Figure 8. Exemplos de STI Fonte: [Google Image](#)

e. Setor computação: Projeto de pesquisa FMS | Future Mobility Sensing

O Future Mobility Sensing (FMS) é um projeto de pesquisa sobre o comportamento e a mobilidade das pessoas usando celulares que vão suportar e ajudar a coleção de dados para fins de modelagem dos sistemas de transporte; Esse projeto é atualmente desenvolvido pela associação SINGAPORE – MIT Alliance Research and Technology (SMART). O objetivo é de explorar um ramo da inteligência artificial (IA), o Machine Learning. Usando algoritmos e um grande número de dados, essa IA é capaz de aprender e analisar o comportamento dos usuários e desse jeito, ela pode ajudar, prever..

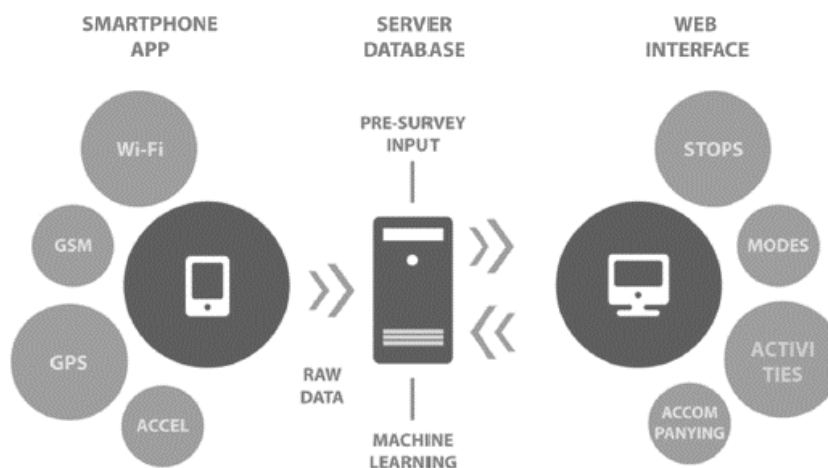


Figure 9. Arquitetura do sistema de FMS | Fonte: SMART Research Projects

É um projeto ainda em desenvolvimento, então o aplicativo foi testado com 1000 celulares e cerca de 30000 participantes que puderam experimentar a aplicação durante duas semanas fornecendo dados. O processo comporta 4 passos :

- Registration;
- Presurvey;
- Activity diary;
- Feedback.

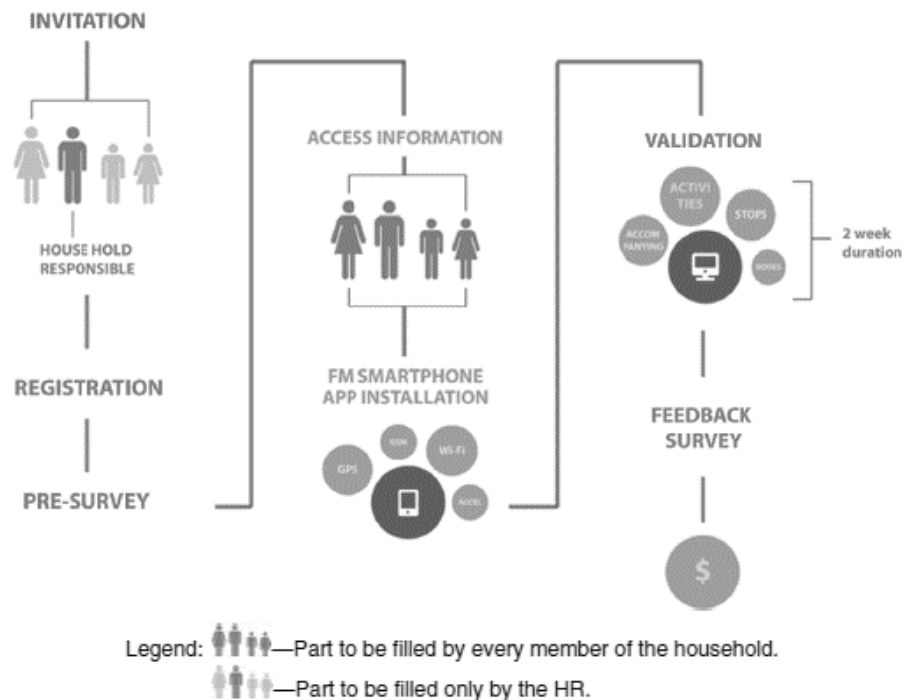


Figure 10. Processo de funcionamento do FMS | Fonte: SMART Research Projects

Cada participante precisa de reportar suas atividades cada dia, aonde ele vai, com quem, quando, como ele viajou, entre outros. Esse primeiro estudo foi feito em Singapore em 2012, mas os desenvolvedores encontram vários problemas como a bateria, a motivação dos participantes, a complexidade da interface. Mas no final as considerações finais foram que a experiência demonstrou as possibilidades como um sistema de pesquisa desse tipo.

Os próximos passos necessários para melhorar o sistema são:

- Facilitar a utilização do aplicativo;
- Melhorar a detecção das entidades pelo aplicativo: O contexto naquele em que o usuário está;
- Individualizar o sistema : Pegar uma imagem real do comportamento do usuário.

f. Setor Inteligência Artificial: Veículos autônomos

Os Veículos autônomos designam qualquer veículo terrestre com capacidade de transporte de pessoas ou bens sem a utilização de um condutor humano. O seu principal objetivo é integrar um conjunto de tecnologias de sensores, de sistemas de controle e atuadores para sensoriar o ambiente, determinar as melhores opções de ação e executar estas ações de forma mais segura e confiável do que poderia ser obtida por um condutor humano comum.

Os principais desafios apresentados no desenvolvimento dos veículos autônomos incluem:

- Definição das responsabilidades legais sobre os eventos provocados pelo veículo;
- Ajuste da legislação de trânsito para tratar os veículos autônomos;
- Desenvolver sensores de maior capacidade de percepção das condições de tráfego, principalmente de pedestres e ciclistas.



Figure 11. Exemplos de STI | Fonte: [Google Image](#)



III. METODOLOGIA

A era do digital, da revolução numérica já chegou e se implementou na vida de todo mundo com a Internet, os smartphone, os lts, entre outros.. Hoje, depois da transição informática, numérica, chega a transição inteligente. Usando o poder das ferramentas que nós desenvolvemos, as oportunidades que se oferecem são gigantes e isso se aplica até os sistemas de transporte, ou seja transporte inteligente. Com o desenvolvimento dos ITs, é possível hoje coletar um grande número de dados sobre o comportamento das pessoas, o tráfego, a disponibilidade dos serviços, entre outros, a fim de usá-los para melhorar a mobilidade das pessoas e das cargas. Na frente dos desafios do meio ambiente, do crescimento da urbanização, fica necessário desenvolver novos sistemas de transporte para atender a demanda e melhorar os sistemas já existentes.

Vemos portanto, as definições de mobilidade urbana e de mobilidade como um serviço, citando todas as entidades envolvidas, ônibus, carros privados, táxis etc e os sistemas de funcionamento atual. Nós vemos também vários tipos de Transporte Inteligente como os centros de distribuição, carros autônomos etc.

Para responder ao assunto desse TCC **:TRANSPORTE INTELIGENTE & MOBILIDADE URBANA : Análise dos Transportes Inteligente como uma contribuição à Mobilidade urbana**, nós nos perguntamos : Como identificar e quantificar os impactos dos Transportes Inteligentes na Mobilidade Urbana?

- **Passo 1: Identificação das variáveis envolvidos na Mobilidade Urbana**
 - Abordagem Ambiental
 - Abordagem técnico
 - Abordagem econômico
 - Abordagem Social
 - Entre outros

- **Passo 2: Relacionar essas variáveis ao Transporte Inteligente**
 - Como os TIs podem influenciar essas variáveis?
 - Como medir os Impactos?
 - Estudar todos ramos dos TIs

- **Passo 3: Desenvolver um modelo para representar a contribuição dos TIs à Mobilidade Urbana**
 - Modelagem dos TIs
 - Adaptação dos Modelos existentes
 - Análise dos resultados
 - Ponto de vista estratégica

IV. OS INDICADORES DA MOBILIDADE URBANA

1. O Campo de estudo

Afim de avaliar os impactos dos transportes inteligentes, faz-se necessário definir um conjunto de variáveis que os TIs podem afetar. Basicamente, uma variável é um conceito que pode mudar ou ter mais de um valor, ou seja uma variável, como o nome indica, é algo que varia. Pode ser peso, altura, renda, temperatura do corpo, entre outros.

Variáveis são também um agrupamento de atributos, ou seja, as características ou qualidades do item descrito. Por exemplo, se o gênero é a variável, masculino e feminino são os atributos; se residência é a variável, urbano, suburbano e rural são os atributos. Não há limite para o número de variáveis que podem ser medidas, apesar de quanto maior for o número delas, mais o estudo será complicado. Além disso, quanto maior longa a lista de variáveis, mais tempo será necessário para a coleta dos dados.

O campo de análise poderia se limitar à demanda de deslocamentos locais, ou seja, ao conjunto dos deslocamentos feitos pelas pessoas dentro das suas áreas urbanas de residência, durante um dia de semana comum.

2. Um sistema de indicadores atual

Qual é a melhor forma de explicar fenômenos complexos e em evolução? Qual é o significado de tais indicadores? Segundo NICOLAS, POCHET e POIMBOEUF (2002) e GALLEZ (2000), a elaboração do sistema de indicadores deve atender certos requisitos:

- **A relevância dos indicadores:** Descrever as situações observadas mais próximas da realidade e ligá-las aos desafios da mobilidade. Tomando em consideração as três dimensões da mobilidade sustentável (econômica, ambiental e social), uma redução da realidade seria necessária.
- **A coerência dos indicadores:** Levar em consideração, de maneira não minuciosa, os impactos dos sistemas de transportes.
- **A simplicidade dos indicadores:** Sem ser reducionista, é importante usar indicadores simples, a fim de criar um modelo acessível e compreensível.
- **A reprodutibilidade dos indicadores:**
 - Reprodutibilidade no espaço: Levar em consideração os diferentes contextos urbanos, os diferentes sistemas de transportes.
 - Reprodutibilidade no tempo: Medir a evolução dos deslocamentos, caminhos, etc.
- **Os indicadores devem ser acessíveis:** As hipóteses e as modalidades de cálculo devem ser explicadas, e o conteúdo dos indicadores deve ser diretamente interpretável.
- Os indicadores devem representar as diferentes categorias de população (nível social, localização residencial).

Integrados nos modelos de simulação, tais indicadores poderiam fornecer uma ferramenta de reflexão estratégica e uma ajuda na tomada de decisão para o planejamento urbano.

O próximo quadro apresenta um exemplo de sistema de indicadores de avaliação da mobilidade desenvolvido durante um projeto de pesquisa na França.

- Indo da esquerda pela direita da tabela, passa-se da medida dos critérios mais tangíveis (número de deslocamentos, distâncias, durações) à medida dos critérios mais complexos (a acessibilidade)
- Indo de cima para baixo, podemos observar uma mudança na escala de análise. Os comportamentos individuais:
 - dão informações sobre o lado espacial, temporal e por modos (em cima);
 - Sumário em funções das categorias individuais para analisar as diferenças sociais.

Nós podemos ver os três pilares (econômico, social e ambiental) fundamentais para a análise e a avaliação da mobilidade urbana.

	Programas de atividades, distâncias e tempo	Impactos no meio ambiente	Custos e financiamento	Acessibilidade
Pessoa, Família	Número de deslocamentos (global, por modo e razão) Orçamento-distância (global, por modo e razão) Orçamento-tempo (global, por modo e razão) Velocidade meia (global, por modo)	Orçamento Energia-transporte (global, por modo e razão) Orçamento emissão de poluentes (global, por modo e razão) Uso do solo (global, por modo)	Repartição dos custos variáveis/fixos Impostos no custo total	Acessibilidade nos modos (licença de motorista, carro) Acessibilidade ao emprego, serviços, commerce
	Variáveis discriminantes: Características individuais ou da família (sexo, idade, renda, tipo de família) Características do local de residência (Setor, densidade, tipo de habitat) Acesso aos modos de transportes			
Do diagnóstico global.. Mercado do deslocamento ..às diferenças sociais	Repartição do numero de deslocamentos Repartição espacial da circulação	Balanço energético Balanço das emissões de poluentes Uso do solo (Em estacionamento ou para a circulação)	Despesas totais para os deslocamentos Renda fiscal Repartição das despesas entre público e privado	Indicadores de acessibilidade
	Variáveis discriminantes: Modos, horários, razões, tipos de conexões, áreas de cruzamento			
	Características da distribuição da circulação por categorias de usuario	Diferenças sociais na taxa de exposição nos incómodo (ex: Cruzamento entre densidade de habitat e densidade de emissões na uma área determinad	Indicadores de distribuição das políticas de preços (ex: privado/público)	Diferenças sociais na acessibilidade de tal equipamento ou tal setor
	Variáveis discriminantes : Localização residencial X categoria social			

3. As diferentes abordagens

Nós vimos que, para analisar a mobilidade urbana atual, precisamos de estudar três pilares fundamentais e interdependentes:

- Uma abordagem ambiental;
- Uma abordagem econômica;
- Uma abordagem social.

É interessante adicionar uma abordagem sócio técnica a fim de levar em consideração a contribuição dos transportes inteligentes em termo de novas tecnologias.

Antigamente, o único foco da mobilidade urbana foi o desenvolvimento econômico. Mas, hoje, com a crescente urbanização, os desafios do meio ambiente, essa maneira de pensar torna-se inviável. No longo prazo, o desenvolvimento econômico está garantido somente se as prioridades ambientais e sociais forem respeitadas. Uma representação de uma hierarquia dessas três esferas seria feita do modo seguinte, segundo René Passet (1979):

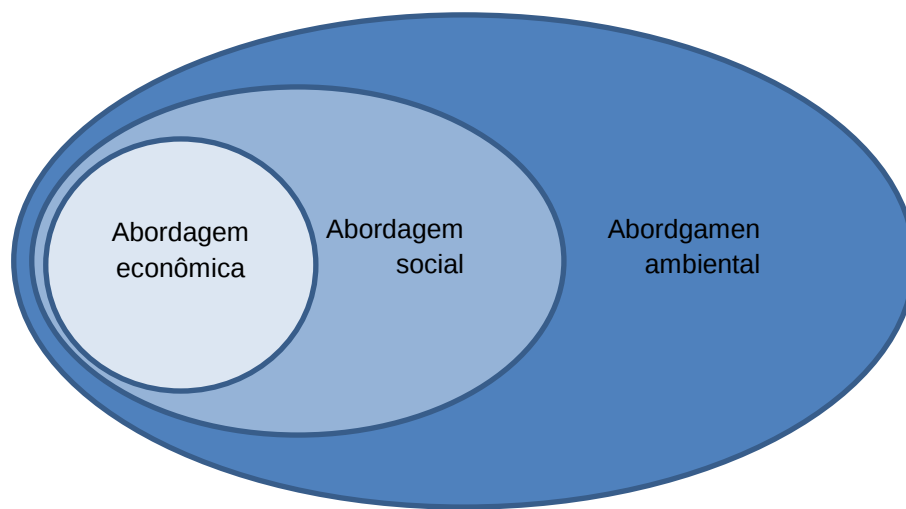


Figure 12. As três abordagens da mobilidade urbana

Portanto, os desafios econômicos tornam-se primordiais, mas as respostas e as ações devem respeitar as restrições ambientais e sociais em primeiro lugar. Pois, é necessário desenvolver um sistema de indicadores baseado nesses três pilares.

1) A Abordagem Ambiental

BARBIERI (1997) escreve que a preocupação ambiental resultante do processo de desenvolvimento seguiu 3 etapas:

- Percepção dos problemas ambientais localizados e atribuídos à ignorância ou indiferença dos produtores e consumidores de bens e serviços;
- A degradação ambiental é vista como um problema generalizado, porém confinado aos limites territoriais dos estados, em consequência da gestão inadequada dos recursos;
- Na terceira etapa a degradação ambiental é percebida como um problema planetário que atinge a todos e é decorrente do tipo de desenvolvimento praticado pelos países.

Hoje, as novas políticas de planejamento e de desenvolvimento são baseadas nos princípios de sustentabilidade e de respeito do meio ambiente. “A utilização do território da cidade está diretamente relacionada à qualidade do ambiente urbano” (NUCCI, 2001)

A abordagem ambiental do estudo, agrupa todos fatores, relacionadas aos transportes nas áreas urbanas, que podem afetar o meio ambiente. Obviamente, as emissões de gases são os principais fatores a levarmos em consideração na avaliação dos impactos dos TIs. Ainda, o desenvolvimento das infraestruturas, o congestionamento da área estudada, o uso de solo, o número de carro privados, entre outros, são também indicadores do estudo na escala ambiental.

2) A Abordagem econômica

Segundo BUTTON (2010), a economia dos transportes é uma área aplicada da economia que está preocupada com a alocação dos recursos escassos da sociedade para a circulação de pessoas e bens de um ponto de origem até um destino. Esse ramo de estudo não está interessado com os setores que produzem meios de transporte ou infraestruturas ou com as políticas escolhidas. Isso significa que a economia dos transportes se volta para as questões econômicas concebidas no movimento de bens e pessoas e implicações de transporte mais imediatas.

LITAMN (2009) escreve que o termo custo faz referência a uma troca de uso de recursos. Isso pode envolver dinheiro, tempo, uso do solo, a perda de uma oportunidade. Custo pode ser definido com uma redução de benefícios. Por exemplo, o tempo gasto viajando é um custo se o tempo pode ser usado de outras maneiras. A tabela seguinte mostra como o custo dos veículos motorizados podem ser categorizados. LITMAN (2009) afirma que os custos afetam a tomada de decisão sobre o transporte, dependendo se eles são internos, externos, variável ou fixos.

Tableau 4. Categorização dos custos dos veiculos motorizados | LITMAN 2009

	Custos variáveis	Custos fixos
Interno	Gasolina Estacionamento de pouco tempo Manutenção do veiculo Tempo e stress do usuario Risco de acidente do usuario	Compra de veiculos Segurança Registro do veiculo Estacionamento de tempo longo
Externo	Manutenção das rodas Serviços de tráfego Impacto ambiental Atrasos de congestionamento	Construção das rodas Planejamento o tráfego Iluminação Impacto do uso do solo Inegualdade social

Para esse estudo, o objetivo é medir e analisar os impactos econômicos da implementação de tecnologias de transporte inteligente dentro de uma área urbana. Qual vai ser o efeito do custo de implantação dos equipamentos? Seria mais barato para os usuários? O impacto do TIs será positivo ou negativo? O custo da mobilidade seria reduzido?

3) A abordagem social

A mobilidade mede a mudança social e a desorganização social, porque uma mudança social leva sempre uma mudança de posição no espaço, e que todas mudanças sociais, incluindo aquele que nos descrevemos como progresso leva uma desorganização social. (PARK 1925)

O deslocamento é uma demanda “derivada” (ou seja, nós nos deslocamos, não apenas para nos deslocarmos, mas para realizar uma atividade), pois, sendo necessário entender as interações sociais que solicitaram aqueles deslocamentos. Além disso, os deslocamentos e, especialmente, as condições de deslocamento condicionam o crescimento urbano: Pois, fica importante, por exemplo, estudar as análises sobre a mobilidade residencial. Portanto, é necessário entender a mobilidade como alguma coisa mais ampla que o deslocamento em si.

Os aspectos sociais não são redutíveis a alguns indicadores globais aplicável a toda a população, pois as diferenças de situação e de utilização são grandes. A fim de medir os comportamentos de mobilidades entre as diferentes categorias sociais, é importante favorecer os indicadores de motorização (% de família com veículos), as distâncias percorridas (relevante para as emissões de CO₂) e as despesas para os diferentes meios de transportes. (NICOLAS, POCHET e POIMBOEUF 2002).

4. Síntese

Em resumo, a mobilidade urbana é um conceito representado por indicadores de vários campos de estudos. Não é possível falar de mobilidade com somente um deslocamento em si. Em mobilidade urbana, também é necessário entender o conceito de mobilidade social (Todo mundo tem acesso aos meios de transporte? O acesso é igual para todas classes sociais?). Além disso, o respeito ao meio ambiente tornou-se um foco principal da mobilidade. Na tabela seguinte, nós podemos ver um conjunto de indicadores dos três pilares fundamentais à mobilidade urbana.

Este enfoque multicritério aplica-se para efetuar a avaliação dos serviços de transportes. O desempenho dos serviços de transportes está atribuído aos fatores quantificáveis e as percepções subjetivas dos usuários. As avaliações deles envolvem variáveis qualitativas (conveniência, serviços e segurança) e quantitativas (tempo de viagem, preços, etc), o que torna o processo de avaliação complexo. Esse estudo tem como objetivo mapear um processo de avaliação de forma estruturada, assumindo a complexidade do sistema e combinando critérios qualitativos e quantitativos. (BARBOSA, S. FERREIRA, M. NICKEL, E. *et al* (2017)).

A segunda tabela apresenta a visão dos autores contemporâneos sobre a representação da mobilidade urbana.

Abordagem	Variáveis
Abordagem ambiental	• Emissões de gases • Grau de congestionamento da cidade • Uso do solo • Poluição sonora • Melhor gestão dos recursos • Energia usada • Consumo de matéria prima
Abordagem social	• Segurança • Estilo de conduite • Tipos de viagem • Aceitação • Fator Humano • Número de carros • Acessibilidade • Equidade • Distâncias percorridas
Abordagem econômica	• Custos dos equipamentos • Custos para a área urbana • Gastos sociais • Despesas • Benefícios para a economia

Tableau 5. Síntese dos indicadores da mobilidade urbana | Adaptado pelo autor

		NICOLAS, POCHET e POIMBOEUF (2002)	BUTTON (2010)	BARBIERI (1997)	RENÉ PASSET (1979)	GALLEZ (2000)	JOUMARD, R. NICOLAS, JP (2007)	IVHS AMERICA (1992)	NUNES (2012)	LAM & BELL (2003)	GALLEZ KAUFMANN 2009	SERRA 2005	LITMAN 2009	LOMAX, EISELE & SCHRQNK (2012)	YEDLA & SHRESTHA (2012)	BARBOSA, S. FERREIRA, M. NICKEL, E. Et al. (2017)	ARVIDSSON (2013)	TOTAL
ECONÔMICO	Custos para o usuário				X	X	X			X		X	X		X	X		8
	Custos dos equipamentos	X					X	X							X			4
	Renda familiaria	X				X	X			X		X						5
	Benefícios					X							X					2
	Tempo de viagem	X				X				X			X	X		X		6
AMBIENTAL	Número de veículos								X						X	X		3
	Poluição do ar	X	X	X	X	X	X								X	X	X	9
	Desafios ambientais	X	X	X	X	X	X		X						X	X	X	10
	Eficiência dos veiculos	X		X	X	X		X										5
	Uso do solo		X	X		X				X		X	X		X	X		8
SOCIAL	Local de residência	X		X		X	X				X	X						6
	Congestionamento					X		X	X	X	X		X	X		X	X	9
	Segurança					X		X			X						X	4
	Acessabilidade	X		X		X	X				X	X	X	X	X		X	10
	Redução de tráfego								X	X	X		X	X		X		6
TOTAL		8	3	6	4	12	7	4	4	6	5	5	7	4	7	8	5	

Tableau 6. números de referências dos indicadores identificados

V. OS INDICADORES DOS TRANSPORTES INTELIGENTES

1. O campo de estudo

Vimos na seção anterior que a mobilidade urbana está baseada em três pilares: econômico, social e ambiental. Segundo Kolosz e Grant-Muller (2015), a introdução dos sistemas de transporte inteligente traz uma nova abordagem, sociotécnica, como um resultado do uso de tecnologia de informações e de comunicações (ICT) e a necessidade de gerenciar e armazenar dados. Eles definem a abordagem sociotécnica como a relação entre os usuários à tecnologia, o que traz grau de incerteza e conflitos. Esses novos fatores exigem uma revisão da definição do desempenho de sistemas de transporte e uma reorganização e introdução de novos critérios chaves.

Atualmente, existem poucos dados históricos para avaliar os sucessos de um projeto de STI. Newman-Askins et. al (2003) escrevem que a natureza dos impactos dos STI é fundamentalmente diferente dos projetos convencional de sistemas de transporte o que leva novos requisitos de avaliação. A avaliação dos STI também é complicado pela presença de variáveis únicas como comportamento dos usuários ou a implementação deles no mercado. O número de trabalhos aumenta de forma rápida, mas é possível de distinguir dois correntes de pensamento:

- Para uma parte dos autores um novo quadro deveria ser desenvolvido completamente (NEWMAN-ASKINS et. al. (2003); KOLOSZ, GRANT-MULLER (2015)) ;
- A outra parte dos autores acham que há poucas diferenças entre as avaliações convencionais e as avaliações dos STI (Underwood and Gehring (1994); STEVENS (2004); SCHADE, ROTHENGATTER (2003)).

Como observa Kolosz e Grant-Muller (2015), podemos diferenciar três atores que afetam o processo de implementação de um STI.

- Os usuários através da demanda e da aceitação do STI;
- O governo cujo objetivo de controlar o desenvolvimento da tecnologia, analisando os impactos para a sociedade (os usuários e não-usuários), estabelecendo leis e reformas;
- Os construtores de equipamentos (sistemas e veículos) desenvolve a tecnologia per se, eles dependem do governo e seguem as necessidades dos usuários.

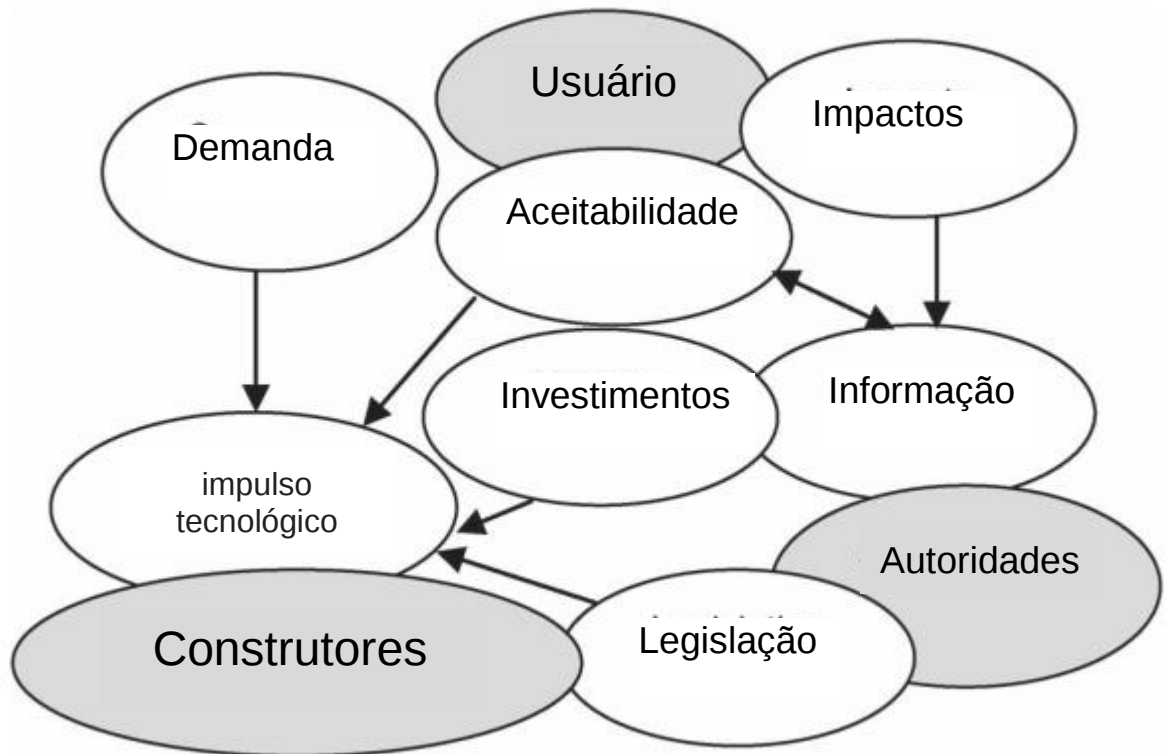


Figure 13. Atores afetando a implementação BEKIARIS et al (2004). .

2. As diferentes abordagens

1) A abordagem ambiental

O desenvolvimento dos STI é um fator primordial para os esforços de mudanças a fim de reduzir nosso impacto no meio ambiente. Os transportes são responsáveis por cerca de 20% das emissões de gases estufa (I4CU, 2017). As novas tecnologias podem mudar de maneira radical os impactos dos transportes, ajudando assim a melhorar a qualidade do ar.

Tome como exemplo os benefícios produzidos pelo desenvolvimento dos sistemas de IA e de mobilidade como um serviço (MaaS). As ICT operam para conectar os diferentes setores e serviços com os usuários, podendo então reduzir os números de veículos, de deslocamento privado etc. A IA fornece soluções em termo de “Smart choices”, ela permite de otimizar a utilização dos transportes, encorajando os usuários a adotar um comportamento sustentável. De acordo com Cairns *et al.* (2004), as escolhas inteligentes, do inglês “Smart Choices” podem levar 10-15% de redução no tráfego urbano, acompanhado de medidas adequadas.

2) A abordagem econômica e social

O estabelecimento de um STI tem um impacto importante na economia, entre o custo dos equipamentos, o custo de implementação e finalmente o custo para o usuário. Não é possível afirmar que os STIs só terão uma influência positiva. Segundo Juan, Wu e McDonald (2006), a melhor forma, e mais comum, de atestar de um impacto econômico é realizando análises de custos-benefícios adotando uma abordagem multicritérios, ou seja, eles separam essas análises custos-benefícios segundo diversos eixos, por exemplo:

- Análise de custos-benefícios de um sistema de rodovias automáticas;
- Análise de custos-benefícios dos sistemas avançado de gerenciamento de transporte;
- Análise de custos-benefícios dos sistemas de comunicação e informações dos veículos;
- Análise custos-benefícios dos sistemas de informações de viagens;
- Entre outros.

A metodologia de avaliação deve ser estruturada para evitar uma dupla contagem dos benefícios. Isso pode acontecer devido a abordagem multicritério. Brand (1994) dá o exemplo das mudanças no uso do solo, no longo prazo, como um resultado do impacto, no curto prazo, da implementação de um STI.

A introdução dos STIs vai permitir melhorar o diário dos usuários, fornecendo meios de transportes, mais seguro, mais eficiente, etc. Portanto, o usuário é o principal ator afetado pelos impactos dos STIs, pois é ele mesmo que vai usar os transportes. Medir o conforto, a segurança e a melhora do tempo de viagem é primordial para desenvolver esse trabalho, deve-se levar em conta indicadores representativos da sociedade e do ser humano em si. Tal como acima se referiu, a mobilidade urbana é totalmente ligada à mobilidade social. Portanto, é necessário analisar se a implementação de um novo sistema vale a pena numa área urbana dada, para não aumentar as diferenças existentes. Fornecer os STI não tem utilidade se ninguém pode ter acesso (localização, custo e área de cobertura).

3) A abordagem sociotécnica

Kolosz e Grant-Muller (2015) introduzem o conceito de impacto sociotécnico em relação à aplicação dos ICTs. Eles dão o exemplo das redes sem fio que têm funcionalidades de segurança-crítica (gerenciamento de tráfego e outros). No caso de uma falha, as consequências em cascatas poderiam ter efeitos dramáticos. Mesmo se, nós temos um domínio da tecnologia, não é possível controlar tudo. O risco zero não existe, essencialmente com a IA. Portanto, a implantação dessas tecnologias deve ser balanceada com uma análise cuidadosa dos riscos possíveis e dos impactos.

Eles seguem com os problemas de segurança ligadas ao armazenamento, utilização, disponibilização dos dados gerais (usuários, estado do sistema, etc). Qual seria o impacto de um hack? Como garantir a segurança de um tal sistema sabendo que o risco zero não existe?

Finalmente a abordagem sociotécnica refere-se à interface homem-máquina, à nossa relação com a tecnologia.

1. Síntese

Vimos que, da mesma forma que a mobilidade, os indicadores utilizados para avaliar um STI se articula entre lados ambiental, social e econômico. Mudou-se dois indicadores na categoria social, pois foi mais relevante do ponto de vista dos STIs. Comparando com a pesquisa sobre os indicadores da mobilidade urbana, podemos ver que o STI é um assunto muito recente, e portanto, há uma falta de dados históricos. Dito isto, Susan Grant Muller aparece com referência nesse meio. Como explicou em cima, devemos adicionar uma nova categoria em relação ao lado sociotecnico dos STIs.

		KOLOSZ e GRANT-MULLER (2015)	NEWMAN-ASKINS et. al. (2003)	GRANT-MULLER e USHER (2004)	STEVENS (2004)	SCHADE e ROTHENGATTER (2003)	BEKIARIS et. al. (2004)	CAIRNS et. el. (2004)	JUAN, WU e McDONALD (2006)	KAPARIAS e BELL (2011)	TOTAL
ECONOMICO	Custos para o usuário		X			X			X		3
	Custos dos equipamentos		X	X	X	X			X		5
	Renda familiaria										0
	Benefícios								X		1
	Tempo de viagem		X	X	X	X	X		X	X	7
AMBIENTAL	Numero de veiculos			X			X				2
	Poluição do ar	X	X	X		X	X		X		6
	Désafios ambientais	X	X	X		X	X		X		6
	Eficiencia dos veiculos	X						X		X	3
	Uso do solo	X			X	X			X	X	5
SOCIAL	Conforto	X			X					X	3
	Congestionamento		X	X		X					3
	Segurança/Privacidade	X	X				X		X		4
	Acessabilidade	X		X	X		X			X	5
	Legislação	X		X		X		X			4
SOCIO-TÉCNICA	Armazenamento de dados	X	X	X					X		4
	Segurança informática	X	X	X				X	X		5
	Comportamento humano	X	X	X	X				X		5
	Redes	X	X								2
	SMART choices	X	X	X		X			X	X	6
TOTAL		13	12	12	6	9	6	3	12	6	

Tableau 7. números de referências dos indicadores identificados

VI. MEDIÇÃO DOS INDICADORES

A fim de finalizar esse estudo, temos de definir a medição de cada indicador escolhido acima. O objetivo é saber de qual maneira podemos quantificar esses indicadores para obter um modelo representativo e relevante do problema estudado. Vimos que os indicadores estão cortados em quatro classes (social, ambiental, econômica e sócio-técnica) e, além disso, devemos estudar o impacto desses indicadores para cada setor dos transportes inteligentes (setor mecânico, setor elétrico, setor IA/computação, setor logístico; setor MaaS), pois a expressão desses indicadores pode mudar de um setor para o outro.

1. Medição do indicadores econômico

Para medir os indicadores econômicos, a ferramenta mais indicada é uma análise custo-benefício. Segundo Juan Wu McDonald (2006), uma análise custo-benefício estima a proporção entre os benefícios e os custos de uma aplicação considerando um período de tempo e um lugar específico. As análises Custo-Benefício são extremamente usadas para avaliar os STIs e os transportes convencionais, pois é possível de quantificar ambos custos e benefícios. Lembramos que os cinco indicadores escolhidos para a classe “econômica” são:

- Custo para o usuário;
- Custo dos equipamentos;
- Renda familiar;
- Benefícios;
- Tempo de Viagem.

Vimos que o indicador “Tempo de viagem” tem o maior número de referências. O objetivo aqui é determinar uma fórmula representativa para medir os indicadores. É comum falar “Tempo é dinheiro”, portanto podemos medir o tempo gasto do ponto de partida até o ponto de chegada das pessoas, para o setor da MaaS e da IA, dos bens, para o setor logístico. Concernante aos setores mecânico e elétrico, deve-se medir os tempos de viagens feitas pelo veículo equipado do STI estudado.

O custo dos equipamentos faz referência aos ajustes necessários para a implementação de um sistema de transporte inteligente. Para a MaaS, cujo o objetivo é de agrupar todos serviços de transporte (público e privado) em um conjunto único, podemos avaliar o custo de implantação (desenvolvimento de uma aplicação, melhoramento dos redes, adaptação dos serviços existentes...). O setor logístico necessita da construção de centros de consolidação de carga. Os três setores restantes estão representado pelo custo de desenvolvimento das novas tecnologias de motorização, de gerenciamento de bordo, etc.

O custo para o usuário representa os custos de acesso aos STIs, ou seja, o custo de uma carro elétrico, ou equipado de novas tecnologias de condução. Temos que analisar aqui a relação custo-benefício do usuário em si, envolvendo a renda familiar, os gastos dele...

INDICADORES ECONÔMICOS					
	Tempo de Viagem	Custo dos equipamentos	Renda familiaria	Custo para o usuário	Benefícios
setor mecânico	Cronometrar os tempos de deslocamentos usando a tecnologia implentada	Elaborar um análise custo-benefício dos de desenvolvimento dos equipamentos de STIs (Motor elétrico, sistema de assistência de bordo, sistemas de gerenciamento..)	Elaborar um análise custo-benefício para o usuário, ou seja o que ele vai gastar para ter acesso aos STIs em relação a renda familiaria, a localização, a classe social etc.		Anaise dos benefícios gerados pelos custos estudados
setor elétrico					
setor IA/ computação	Cronometrar os tempos de chegadas das informações nos aparelhos móveis				
setor logístico	Cronometrar o tempo do bem entre o ponto de partida e chegada	Elaborar um análise custo-benefício da implantação de um centro de consolidação de carga			
Setor MaaS	Cronometrar o tempo da pessao entre o ponto de partida e chegada	Elaborar um análise custo-benefício da implantação dos serviços de mobilidade			

Tableau 8. Sistema de medição dos indicadores econômico, por setores

2. Medição dos indicadores sociais

O método principal para avaliar os indicadores sociais é o de realizar pesquisas utilizando os observatórios sociais, que são organizações administrativas geradas pelo estado ou pelos fundos de investimento privados. Para analisar os impactos sociais dos transportes inteligentes, escolhemos os cinco indicadores seguintes:

- Conforto;
- Congestionamento;
- Segurança;
- Acessibilidade;
- Legislação.

O conforto é uma noção subjetiva, a percepção das coisas é diferente para cada pessoa. Quem vai apreciar o último carro elétrico? Por que ele gosta desse novo equipamento? O que traz esse STI à vida do usuário? Portanto, é necessário estabelecer uma definição e um padrão para definir o conforto próprio desse estudo. Utilizando esse padrão, é possível desenvolver um questionário específico e relevante para cada setor estudado, que será utilizado pelos institutos de sondagens e pelos observatórios sociais.

Para medir a evolução do congestionamento, os serviços de gerenciamento e de controle do tráfego fornecem os dados necessários para atestar o estado do tráfego. Usando ferramentas estatísticas, podemos desenvolver métodos para observar os elementos interessantes ao nosso estudo, como analisar as frotas de veículos, todos tipos misturados, de um sistema de mobilidade como um serviço global (O whim na Finlândia). Podemos analisar as frotas de veículos de entregas, a utilização de veículos elétricos e estabelecer uma correlação com a evolução do tráfego ao longo do tempo numa área urbana específica. Concernante ao setor da IA/computação, não é possível observar o impacto dos equipamentos ainda em desenvolvimento (carros autônomos) na mobilidade urbana. Por enquanto, as partes interessadas utilizam modelos computacionais ou cidades de teste (Uber, por exemplo). Os setores mecânico e elétrico dependem do motorista em termo de congestionamento, portanto pode ser difícil obter resultados relevantes.

Para medir a segurança, a acessibilidade e as legislações, deve-se utilizar os observatórios sociais com a ferramenta existente para orientar a pesquisa nos elementos de nosso estudo (número de acidentes, taxa de utilização dos transporte, autorização dos carros autônomos...).

INDICADORES SOCIAIS					
	Conforto	Congestionamento	Segurança	Acessibilidade	Legislação
setor mecânico	Estabelecer uma definição do conforto relevante para desenvolver um questionário específico. Realizar um estudo estatístico na área estudada	A variável do comportamento do motorista torna a medição complicado	Estabelecer projetos de pesquisa sobre a entidade estudada e analisar os dados obtidos pelos observatórios sociais		
setor elétrico					
Setor MaaS		Analisar as frotas de veículos e estabelecer uma correlação com a evolução do tráfego.			
setor logístico					
setor IA/ computação		O equipamento não está disponibilizado (Carros autônomos)			

Tableau 9. Sistema de medição dos indicadores sociais, por setores

3. Medição dos indicadores ambientais

Hoje, minimizar o impacto humano no meio ambiente é um dos maior desafios da humanidade. Desde 1995, a cada ano, é organizada a Conference of the Parties (COP), a fim de reunir todos os países para discutir ds medidas necessárias de serem tomadas. Em 2015, na COP 21, em Paris, 195 países ratificaram acordos, cujos objetivo erasm limitar o aumento da temperatura global em 2°C até 2100 e atingir a neutralidade do carbono (compensação total das emissões de gases de estufa devido das energias fósseis de um ator (transporte, indústria...)).

Sabemos que os transportes representam 23% das emissões mundiais de gases que intensificam o efeito estufa (OCDE, 2005). Portanto, é primordial achar soluções para melhorar os meios de deslocamentos. Tendo a consciência de urgência, o desenvolvimento dos STIs está orientado na busca de neutralidade ambiental. Escolhemos os cinco indicadores seguintes para representar essa abordagem:

- Número de veículos;
- Poluição do ar;
- Desafios ambientais;
- Eficiência dos veículos;
- Uso do solo.

Numa dada área urbana, sabemos que os veículos ficam parados 95% do tempo da vida deles. Portanto, o número de veiculos é um indicador muito relevante na análise do meio ambiente e reduzir esse número é o objetivo de várias cidades, como Helsinque ou Copenhague. Precisamos estabelecer uma correlação entre a evolução de carros privados clássicos e a implantação de um STI. Da mesma forma, para a poluição do ar, devemos achar uma relação entre as observações da qualidade do ar e a implantação dos STIs.

Implementar STIs vai necessitar a construção de novos equipamentos, melhoria e adaptação dos equipamentos existentes. Quais mudanças, na área urbana, vão levar os pontos de carregamento para os veículos elétricos? Faixas especiais para carros autônomos serão necessárias? Onde nós vamos colocar os centros de consolidação de carga?...

Portanto, as mudanças no uso do solo têm um impacto no meio ambiente que nós devemos medir.

A qualidade do ar aparece como o primeiro impacto dos transportes porque é o mais visual. Mas, os desafios ambientais levam em consideração as vibrações e poluição sonora, impactos biológicos, qualidade da água, análise do ciclo de vida, entre outros. Segundo um relatório da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2010), a coleta de dados, em termos de inovações sobre o meio ambiente, aborda problemas, sabendo que um grande número de inovações, que têm um impacto positivo no meio ambiente, não se refere expressamente na melhoria do meio ambiente. Várias inovações, fundamentais para o meio ambiente, se traduzem por novos processos de produção, reduzindo o custo operacional ou melhorando a qualidade dos produtos, por exemplo. Isso sendo dito, a OCDE desenvolve, em parceria com a Escola Nacional da Estatística e da Administração Econômica de Paris, algoritmos de pesquisa para produzir dados relativos à demanda de patentes ligadas às tecnologias ambientais. Esses dados cobrem as tecnologias para a água e saneamento, a luta contra poluição atmosférica, a gestão e reciclagem dos lixos...

INDICADORES AMBIENTAIS					
	Número de veículos	Eficiência dos veículos	Uso do solo	Qualidade do Ar	Desafios ambientais
setor mecânico	Comparar o número de veículo equipado com STI X Veículo clássico	Impacto através dos métodos de produção	Analisar as mudanças necessárias para implementar o STI	Escolher a ferramenta estatística adequada e aplicar-la usando os dados ambientais medidos (Exemplo : Algoritmos de pesquisa desenvolvido pela OCDE e a escola national de estatística de Paris)	
setor elétrico					
Setor MaaS	Estabelecer uma correlação entre a utilização do STI e a evolução das frotas de veículos na área urbana estudada.	Ø			
setor logístico		Analisar a eficácia da consolidação de carga			
setor IA/ computação		Ø			

Tableau 10. Sistema de medição dos indicadores ambientais, por setores

4. Medição dos indicadores socio-tecnicos

Vimos que a abordagem sóciotécnica refere-se a relação entre homens e máquinas. Portanto, nessa última parte, vamos ver como medir os indicadores escolhidos para evidenciar os impactos dos STIs na mobilidade urbana, através do ser humano. Podemos dividir os indicadores escolhidos em duas categorias:

- Categoria social:
 - Comportamento humano;
 - SMART Choices.

Estamos caminhando cada vez mais para uma automatização dos transportes, a troca do ser humano por um conjunto de sistema de bordo é cada vez mais eficiente. Obviamente, podemos ver que a ausência do ser humano na mobilidade humana vai trazer várias mudanças. Tomamos em exemplo, o tráfego: o que vai acontecer quando não houverem mais motoristas perigosos, pessoas com pressa? Os carros autônomos causarão acidentes? Não é possível afirmar com certeza que a automatização completa dos transportes será totalmente positiva. Enquanto espera-se a legislação para tais sistemas, podemos desenvolver modelos de simulação.

Os SMART Choices são as propostas de viagens calculadas automaticamente para o usuário pelas aplicações desenvolvidas nos setores da IA/computação e MaaS. Devemos analisar se as rotas calculadas são, de fato, eficientes; se elas levam em consideração todas as alternativas e informações em tempo real. Para realizar essa pesquisa, devemos ter um feedback dos usuários e analisar a capacidade do sistema em achar a melhor solução.

- Categoria técnica:
 - Armazenamento de dados;
 - Segurança informática;
 - Redes.

Nessa categoria, nos interessamos mais nos equipamentos, ou seja, em todos itens necessários ao funcionamento desses STIs. Escolhemos indicadores em relação aos setores da IA/computação e MaaS, porque são principalmente esses setores que estão sujeitos às mudanças. De fato, os serviços de mobilidade precisam de uma capacidade de armazenamento de dados para processar todas informações, o que está diretamente ligado à segurança e às redes necessárias. Devemos proteger a privacidade do usuário e a integridade dos serviços de monitoramento. Um problema no sistema de gestão de tráfego da área urbana poderá gerar consequências gravíssimas.

Segundo Yves Deswarte, a segurança informática esta baseada em três pilares:

- A confidencialidade;
- A integridade do sistema;
- A disponibilidade (o bom funcionamento).

Ele afirma que a solução mais adequada para analisar a segurança informática é utilizar uma metodologia quantificava, pois ela permite analisar a evolução da segurança em função das mudanças de configuração e de uso. Ela permite também ter um melhor compromisso segurança/facilidade de utilização com os usuários. Basicamente, ela é baseada em um modelo representativo (arcos e nós) do sistema estudado e o objetivo é de ponderar as possibilidades de ataque. Finalmente, podemos ver que esses três indicadores são interdependentes.

INDICADORES SOCIOTECNICOS					
	Comportamento humano	Smart Choices	Armazenamento de dados	Segurança informática	Redes
setor mecânico	Ø	Ø	Ø	Aplicar a metodologia quantitativa para estimar o grau de segurança do sistema estudado	Analisar a capacidade do rede utilizado em relação ao STI (Exemplo : Eficiência do rede interno a um empresa de entrega)
setor elétrico					
setor logístico		Analisar a eficiência dos centros consolidação de carga	Analisar as capaciade de armazenamento e de processamento de dados do sistema utilizado		
Setor MaaS	Analisar a taxa utilização dos serviços de MaaS	Estabelecer um sistema de feedback e analisar a capacidade no planejamaneco de viagens.			
setor IA/ computação	Desenvolver modelos para simular a ausência do ser humano na mobilidade urbana				

Tableau 11. Sistema de medição dos indicadores sociotécnicos, por setores

CONCLUSÃO

Ao longo desse trabalho, desenvolveu-se os conceitos de transporte inteligente e de mobilidade urbana e, mais precisamente, a relação e interdependência desses conceitos. Em primeira instância, procedeu-se numa revisão bibliográfica para definir o campo de estudo e o problema a ser estudado. Vimos os modelos atuais para o planejamento da mobilidade urbana, baseados no uso do solo, nas atividades usando meios de transporte convencionais. Exploramos também, a definição do termo “Transporte Inteligente”, ou seja, a aplicação das novas tecnologias de comunicação nos meios de transporte. Essa pesquisa mostrou que podemos dividir os transportes inteligentes em 5 setores: Mobilidade como um serviço (MaaS), elétrico, mecânico, computação/IA e logístico. Dessa pesquisa, originou-se o seguinte problema: **Como identificar os impactos dos transportes inteligentes na mobilidade urbana e apontar recomendações para medir-lôs?** Portante, foi desenvolvida uma metodologia para resolver esse problema, seguindo basicamente os passos seguintes:

- Coletar de dados sobre as consequências sociais, societais, ambientais e econômicas de uma ação;
- Escolher indicadores (qualitativos e quantitativos) pertinentes, permitindo medir as mudanças na população estudada;
- Medir a evolução dos indicadores e das mudanças atribuídas à ação tomada;
- Medir as discrepâncias entre as ferramentas utilizadas.

Finalmente, vimos que é necessário ter uma abordagem multicriterial baseada em três pilares interdependentes: ambiental, social e econômico. Buscando as pesquisas atuais e antigas no assunto, conseguiu-se desenvolver uma lista de indicadores, seguindo os três pilares, relevantes ao problema. Esse trabalho se conclui com uma proposta de sistemas de medição dos indicadores escolhidos em função dos setores do STIs.

Considerando os impactos potenciais da implementação dos STIs, é importante reconhecer as desvantagens e os efeitos colaterais negativos. Transportes tecnologicamente melhorados poderiam encorajar as pessoas a viajar mais frequentemente, tornando os meios de transporte mais eficientes, levando a um efeito de rebote. Segundo os autores Pel e Boons (2010), alguns STIs podem reforçar a nossa dependência aos carros em vez dos modos “mais verdes”. Portanto, a consideração que devemos levar é de identificar e quantificar a gama completa dos possíveis impactos dos STIs, como tentamos nesse trabalho.

Além desse estudo, precisamos de desenvolver o conceito do uso do solo, ofertando outras soluções de proximidade (lojas, serviços básicos..). É importante de pensar as cidades com uma nova visão em vez de cortar-las em setores residenciais, industriais e comerciais. Da mesma forma que os STIs, hoje falamos de SMART Cities, ou seja Cidades inteligentes.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem inúmeras possibilidades de continuar esse estudo, sabendo que o assunto é muito recente e está em desenvolvimento rápido.

Em relação ao conceito de mobilidade urbana, pode-se continuar o desenvolvimento de um sistema de indicadores mais complexo e, portanto, mais representativo da realidade. Da mesma maneira para o conceito de STI, pode-se achar mais atributos a serem medidos para levar em conta todos atributos dos TIs, todos setores misturados.

Sobre o sistema desenvolvido nesse estudo, é necessário definir com mais detalhe as ações a serem tomadas a fim de lançar as medições e obter resultados. Pois cada quadrado das tabelas desenvolvidas está sujeito à uma pesquisa única e especial para cada área urbana estudada.

Será interessante também de ligar os STIs com as SMART Cities, estudando os dois conceitos juntos. O objetivo será de elaborar soluções de mobilidade com o desenvolvimento das infraestruturas e do uso do solo.

REFERÊNCIAS

ATEC ITS France. **Mobilité 3.0 Ensemble pour la mobilité intelligente**, Relatório de pesquisa, France, Setembro 2015. URL : [http://www.transport-intelligent.net/IMG/pdf/Livre_Vert_Mobilite_3-0 - ATEC ITS France-2.pdf](http://www.transport-intelligent.net/IMG/pdf/Livre_Vert_Mobilite_3-0_-_ATEC_ITS_France-2.pdf)

FURLAN AIROLDI Guilherme. **A utilização do transporte multimodal como meio de reduzir custos logísticos: estudo de caso em uma empresa alimentícia**. Engenharia de produção | UFES, 2014, 78p.

GOODALL Warwick, DOVEY FISHMAN Tiffany, BORNSTEIN Justine, BONTHRON Brett. **The rise of Mobility as a service**. Deloitte Review, 2017, 20p. URL : https://dupress.deloitte.com/content/dam/dup-us-en/articles/3502_Mobility-as-a-service/DR20_The%20rise%20of%20mobility_reprint.pdf

König, D., Eckhardt, J., AAPAOJA, A., SOCHOR, J. & KARLSSON, M. (2016). **Deliverable 3: Business and operator models for MaaS**. MAASiFiE project funded by CEDR. URL : http://www.vtt.fi/sites/maasifie/PublishingImages/results/cedr_mobility_MAASiFiE_deliverable_3_revised_final.pdf

DATSON James: Transport Systems Catapult. **MOBILITY AS A SERVICE : exploring the opportunity for mobility as a service in the UK**, Julho 2016. URL : https://ts.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/Mobility-as-a-Service_Exploring-the-Opportunity-for-MaaS-in-the-UK-Web.pdf

THOMPSON Russel G. **Planning and Modelling Urban Consolidation Centres**. University of Melbourne ; April 2014

VAHRENKAMP Richard, for the conference Logistik Management : **25 Years City Logistic: Why failed the urban consolidation centres**. Bremen 2013.

MAAS Global, URL : <http://maas.global/>

INSEE, URL: <https://www.insee.fr/fr/accueil>

NATIONAL PETROLEUM COUNCIL, Vehicule-to-Grid (V2G), Topic Paper #20, Agosto 2012

SMART, MIT research Project, URL : <http://smart.mit.edu/research/fm/research-projects>

MIT, Publications : URL : <https://its.mit.edu/publications>

CÖRNER. V, BARBOSA. G, CORBELLA. O. 639: **Cities for Pedestrians** – Urban Mobility fosters Sustainability for the 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22nd to 24th October 2008

MINISTERIO DAS CIDADES. **Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. 2015.

NUNES, M. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. USP. 2012

SERRA, F. **Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso de solo e transportes no contexto brasileiro**. USP. 2015

LAM W, BELL M. **Advanced Modeling for Transit operations and service planning**. 2003

LEIN J. K. **Integrated Environmental Planning**, Blackwell Publishing. Chapter 2, p33. 2003

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. Petrópolis: Vozes, 1997.

BUTTON, K **Transport Economics 3rd edition**, Massachusetts/ Edward Elgar 2010. 11p

GALLEZ, C. KAUFMANN, V. **Aux racines de la mobilité en sciences sociales. : Contribution au cadre d'analyse socio-historique de la mobilité urbaine.** Mathieu Flonneau et Vincent Guigueno. De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?, Presses Universitaires de Rennes, pp.41-55, 2009, Histoire.

IVHS America. **Guidelines for an ATMS.** Washington, DC, 2003-1993, USA, 1992: 100.

BOURDAGES ; J. CHAMPAGNE, E. « **Penser la mobilité durable au-delà de la planification traditionnelle du transport** », *VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement* En ligne], Hors-série 11 | mai 2012, mis en ligne le 07 mai 2012, consulté le 26 septembre 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/11713> ; DOI : 10.4000/vertigo.11713

NICOLAS J.P, POCHET. P, POIMBOEUF, H. **Mobilite urbaine et developpement durable : quels outils de mesure pour quels enjeux ?.** Les Cahiers scientifiques du transport ,AFITL, 2002, pp. 53-76.

GALLEZ, C. **Indicateurs d'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine.** *PREDIT 1996-2000, Recherches stratégiques Séminaire du groupe "Prospective".* INRETS-DEST

JOUMARD, R. NICOLAS, JP. **Méthodologie d'évaluation de projets de transports dans le cadre du développement durable.** INRETS 2007

NUNES, M. **Analise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentavel.** USP. 2012

KAUFMANN, V **Sociologie de la mobilité urbaine : La quetsion du report modal** Ecole polytechnique fédérale de Lausanne Thèse n°1759. 1998.

LOMAX, T. EISELE, B. SCHRANK, D. BTTI's 2012 **URBAN MOBILITY REPORT**, INRIX Traffic Data 2009

YEDLA, S. SHRESTHA, RM. **Multi-criteria approach for the selection of alternative options for environmentally sustainable transport system in Delhi** **Sudhakar Energy Program**, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand. 12/02/2012

BARBOSA, S. FERREIRA, M. NICKEL, E. Et al. **Multi-criteria analysis model to evaluate transport systems**: An application in Florianópolis, Brazil. Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 96, February 2017, pages 1-13

ARVIDSSON, Niklas; JOHAN, Woxenius; CATRIN, Lammgård. **Review of Road Hauliers' Measures for Increasing Transport Efficiency and Sustainability in Urban Freight Distribution**, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, v. 33, p. 107-127, 2013.

KOLOSZ, B. GRANT-MULLER, SM. **Appraisal and Evaluation of Interurban ITS: A European Survey**. IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS Volume: 16 Issue: 3 Pages: 1070-1087 Published: JUN 2015

NEWMAN-ASKINS, RAEHELLE AND FERREIRA, LUIS AND BUNKER, JONATHAN M (2003) **Intelligent transport systems evaluation: From theory to practice**. In Jaeger, Vicki, Eds. *Proceedings 21st ARRB and 11th REAAA Conference*, Cairns.

UNDERWOOD, S. E. AND S. G. GEHRING (1994). **“Framework for Evaluating Intelligent Vehicle Highway Systems.”** *Transportation Research Record* 1453: 16-22

A. STEVENS, **“The applications and limitations of cost-benefit assessment (CBA) for intelligent transport systems,”** *Res. Transp. Econ.*, vol. 8, pp. 91–111, 2004.

W. SCHADE, W. ROTHENGATTER, AND T. R. B. , **“Improving assessment of transport policies by dynamic cost-benefit analysis,”** in *Transportation Finance, Economics and Economic Development 2003—Planning and Administration*. Washington, DC, DC, USA: Transportation Research Board National Research Council, 2003, pp. 107–114.

E. BEKIARIS, A. STEVENS, A. BAUER, AND M. WIETHOFF, **“ITS implementation: From impact assessment to policy recommendations,”** *Res. Transp. Econ.*, vol. 8, pp. 605–637, 2004.

S. CAIRNS, L. SLOMAN, C. NEWSON, J. ANABLE, A. KIRKBRIDE AND P. GOODWIN, **Smarter choices to changing the way we travel**, London: Department for Transport 2004

Institute for climate economics I4CU, Ministère de l'Environnement, de l'Énergie, et de la Mer. **Chiffres clés du climat France et Monde** ÉDITION 2017

JUAN, Z. WU, J. McDONALD, M. **Socio-Economic Impact Assessment of Intelligent Transport Systems**. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN 1007-0214 11/16 pp339-350 Volume 11, Number 3, June 2006

KAPARIAS, I. BELL, M.G.H. **Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems** Deliverable No. 3.5. Theme 7: TRANSPORT (including AERONAUTICS) CONDUITS, Coordination Of Network Descriptors for Urban Intelligent Transport Systems. 16/06/2011

Brand, D. (1994). "Criteria and Methods for Evaluating Intelligent Transportation System Plans and Operational Tests." Transportation Research Record 1453: 1-15.
OCDE Mesurer l'innovation : Un nouveau regard 2010.

B. Pel and F.A. Boons, **Transition through subsystem innovation? The case of traffic management**, Technological Forecasting and Social Change 77 (8) (2010) 1249-1259