

UMA PROPOSTA PARA UM SISTEMA INOVADOR DE TRANSPORTE AUTOMOTIVO URBANO

Márcio Schneider de Castro

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

R. Deputado Antônio Edu Vieira, s/n, Pantanal, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

Tel: (+55) 48 3721-7842 e-mail: mark@grante.ufsc.br

Edison da Rosa

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

R. Deputado Antônio Edu Vieira, s/n, Pantanal, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

Tel: (+55) 48 3721-9339 e-mail: darosa@emc.ufsc.br

Lenise Grandó Goldner

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

R. João Pio Duarte, s/n, Córrego Grande, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

Tel: (+55) 48 3721 7769; Fax (+55) 3721-5191 e-mail: lenise@ecv.ufsc.br

RESUMO

Este trabalho propõe um conceito inovador de mobilidade, através da melhoria dos meios motorizados de transporte individual urbano. Estudos recentes de engenharia de tráfego e engenharia automotiva apontam como tendência, o desenvolvimento de um novo veículo, com alta eficiência energética e que pode se integrar na malha viária urbana de diferentes maneiras.

O veículo considerado no estudo possui 3 rodas, com suspensão adaptativa, propulsão elétrica, com sistemas regenerativos de energia, baixo peso e, conseqüentemente, com melhor eficiência na taxa de ocupação da malha viária e na taxa média de ocupação por automóvel, além de maior eficiência no uso do combustível. Este veículo está sendo desenvolvido no Laboratório de Inovação (LI) da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/Brasil.

Esse estudo representa uma alternativa de solução para o sistema de tráfego urbano para a cidade de Florianópolis/Brasil. O mesmo contempla três níveis de abrangência preliminares, considerando a análise de sua utilização sobre a malha viária existente, a proposição de corredores específicos nas vias existentes, bem como seu deslocamento sobre vias aéreas exclusivas e de baixo custo de infra-estrutura e operação. Tendo como base sistemas *carsharing* e ITS (*Intelligent Transportation Systems*) e focando no aspecto da operação deste tipo de veículo, buscaram-se, através de uma metodologia analítica e numérica, com o uso de simuladores de tráfego, as estratégias de locomoção sobre a malha urbana e sua integração com os demais meios de transporte.

Keywords: Sistemas Multimodais, Sistemas Inteligentes de Transporte, *Carsharing*.

1. INTRODUÇÃO

Diante da convivência cotidiana nas cidades, com congestionamentos e poluição do ambiente provocado pelo automóvel convencional, como será o conceito de um veículo automotor para transporte individual que tenha a agilidade, a praticidade e a economia de uma motocicleta e o conforto e a segurança de um automóvel, satisfazendo as necessidades humanas de transporte e lazer, com o máximo de redução dos impactos ao ambiente em todo ciclo de vida desse produto? O automóvel é o veículo de transporte que mais se destaca no visual das cidades, mas agrega uma série de ineficiências. Segundo Silva (2004) e Larica (2003), os veículos atuais são capazes de ocupar 90% do espaço viário e deslocar apenas 20% das pessoas e, devido as suas grandes dimensões e uma taxa média de ocupantes de 1,4 por veículo, (mesmo sendo normalmente projetados para até cinco pessoas), trazem como conseqüências grandes congestionamentos e falta de vagas para estacionamento.

O automóvel comum atual ainda é construído, praticamente, em aço e movido por um motor que funciona pelo princípio de combustão interna, seguindo a mesma arquitetura de mais de cem anos, segundo Hawken et al (2000). O rendimento desse motor não é superior a 20% entre a energia de combustível que consome e a utilizada para colocar o veículo em movimento e, considerando uma massa de 1,5 toneladas do veículo e o mesmo transportando somente um motorista de 75 kg, aproximadamente apenas 1% da energia disponível no combustível contido no tanque do veículo é utilizada para deslocar o motorista, considerando, ainda, uma condição de trajeto plano e na velocidade mais econômica. Outro meio de transporte individual motorizado, as motocicletas, principalmente as de baixa cilindrada (até 250 cc) são eficientes no que diz respeito à agilidade e economia de combustível devido a seu peso e dimensões reduzidas, mas não protegem os ocupantes do frio, da chuva, e principalmente, de choques e quedas. Os serviços de moto-frete para entrega de produtos leves contribuem significativamente para o crescimento do uso das motocicletas, e conseqüentemente, para aumentar significativamente o número de vítimas decorrentes de acidentes de trânsito.

Em resumo, conforme Lopensino (2002) e Rosa (2004), o cenário atual do transporte urbano apresenta uma condição crítica, piorando rapidamente devido ao acúmulo de veículos nos grandes centros urbanos. Nos últimos anos, observa-se um vasto crescimento de veículos nos grandes centros urbanos, o que acarreta uma série de problemas associados à poluição ambiental, engarrafamentos constantes, falta de locais para estacionamento, entre vários outros.

Recentemente, muitos sistemas de transporte têm sido propostos como solução de mobilidade para a situação do transporte atual e futuro. Essas soluções são baseadas em três premissas:

- Flexibilização e integração dos modais de transportes;
- Redução de massa e dimensões dos veículos, bem como uso de alternativas mais eficientes em termos energéticos e de emissão de poluentes;
- Extensa aplicação de sistemas de controles inteligentes de trânsito desde sistemas embarcados em cada veículo até o uso de grandes malhas de controle utilizando satélites.

Desta forma, apresenta-se um conceito inovador de mobilidade urbana através da melhoria dos meios motorizados de transporte individuais urbanos, seguindo as premissas citadas acima. É necessária, portanto, para suprir a demanda de recursos humanos para esta ação, a formação de grupos de excelência nas áreas de engenharia de tráfego e engenharia automotiva, com o objetivo de desenvolver e difundir ciência, tecnologia e capacitação de pessoal para o desenvolvimento e aplicação de sistemas de tráfego integrados e inovadores. Neste sentido, a UFSC e, mais especificamente, o Laboratório de Inovação (LI), que conta com o apoio da FIAT Automóveis S.A., vem desenvolvendo esses recursos estratégicos. Neste laboratório está sendo projetado e construído um veículo protótipo voltado para o trânsito urbano, financiado pelo projeto 4934/06 da Chamada Pública MCT/FINEP/FNDCT - PROMOVE - Laboratórios de Inovação - 06/2006.

O veículo se caracteriza por ser uma plataforma integradora de pesquisa e desenvolvimento de recursos humanos de diferentes áreas agregadas em cinco núcleos de desenvolvimento, veículo (chassi, suspensões, direção, etc.), motorização (motor e transmissão), eletro-eletrônico (sistemas embarcados, instrumentação, etc.), design (estilo, ergonomia, materiais, etc.) e gestão e operacionalização.

1.1. OBJETIVOS

O presente artigo visa apresentar de maneira sucinta os principais aspectos de um projeto de utilização do veículo protótipo com as características já citadas de mobilidade, dentro de um conceito inovador de mobilidade, através de um sistema de trânsito no qual, com o uso de ITS (*Intelligent Transportation Systems*) e do sistema *carsharing*, se fará o monitoramento de veículos e transferência de informações de tráfego.

Além disso, serão realizadas simulações de tráfego envolvendo a rede de veículos operando em sistema *carsharing*, utilizando dados de tráfego da cidade de Florianópolis, para que, dentro de uma visão estendida, se possa garantir a fluidez e flexibilidade no entorno dos centros em situações de pico, provendo conveniência nos locais com densidade de tráfego elevada, segurança viária (diminuindo acidentes de trânsito e conflitos de tráfego) e reduzindo impactos ambientais pela menor poluição atmosférica e sonora. A proposta de desenvolvimento deste projeto se integra a uma linha ampla de atuação em transportes do LI, o qual possui quatro frentes de atuação: conceito de veículo urbano, sistemas de controle veicular computadorizado (conceito *drive-by-wire*) e ITS, *carsharing* e o desenvolvimento de propulsores híbridos (com motor elétrico e de combustão interna).

O projeto em questão propõe o desenvolvimento de tecnologia necessária para aplicação de sistemas ITS. Além disso, serão realizadas simulações de tráfego, envolvendo a rede de veículos operando com auxílio de ITS e em sistema *carsharing*, utilizando dados de tráfego da cidade de Florianópolis, estado de Santa Catarina, no sul do Brasil.

Dessa forma, este projeto visa desenvolver estratégias de tráfego baseadas em simulações para serem aplicadas ao veículo desenvolvido no Laboratório de Inovação (LI) da UFSC, para que o mesmo possa operar em sistema *carsharing* de forma integrada aos serviços de transporte público, aplicando sistemas ITS e, também, possuir sistemas de controle para trafegar em vias exclusivas e inteligentes.

Essa alternativa procura garantir a fluidez e flexibilidade no entorno dos centros urbanos e fluxo de tráfego adequado e conveniência nos locais com densidade de tráfego elevada.

Portanto, a proposta busca aproveitar ao máximo as características de veículos e vias desejáveis para melhoria de qualidade da mobilidade ao usuário em vários aspectos, sejam eles: (a) Rapidez de transporte; (b) Conveniência e comodidade; (c) Segurança; (d) Proteção ao meio-ambiente, entre outros.

1.2. JUSTIFICATIVA E VIABILIDADE DO ESTUDO

A viabilidade do estudo (neste momento) é restrita aos centros urbanos médios e grandes, principalmente devido à utilização e estrutura de acesso ao produto. É necessário, naturalmente, para que seja possível a implantação do sistema *carsharing*, que as grandes cidades tenham uma infra-estrutura para receber o mesmo, tais como estacionamentos próprios para o sistema, além de centros de monitoramento e controle dos veículos de forma remota.

Sistemas de gerenciamento e controle, tipo ITS, de tráfego e de estacionamentos serão estudados para aplicação ao sistema proposto e, obviamente, questões como uma legislação específica quanto à restrição na utilização de outros tipos de veículo em zonas delimitadas nestes centros urbanos, entre outras, devem ser levadas em consideração.

O desenvolvimento dessa pesquisa será feito com apoio do Departamento de Engenharia Mecânica, do Departamento de Automação e do Departamento de Engenharia Civil da UFSC. Será realizada uma aplicação com estudos de integração à malha viária de Florianópolis, indicada como uma das cidades com pior índice de mobilidade urbana e acessibilidade do país. Os dados de viabilidade técnica e cálculos específicos de tráfego serão obtidos junto aos professores dos laboratórios da área de transportes.

2. CONCEITO DO VEÍCULO

Para Hawken *et al* (2000), um projeto inteiramente novo de um automóvel que reconfigure três elementos básicos de design economizará, pelo menos, setenta a oitenta por cento do combustível consumido, ao mesmo tempo em que o tornará mais seguro, mais esportivo e mais confortável. Para isso, sugerem três mudanças:

1. Tornar o veículo ultraleve, com peso até três vezes menor que o dos carros de aço;
2. Diminuir a resistência aerodinâmica ao deslocamento;
3. Quando os passos um e dois tiverem reduzido a metade ou em dois terços a energia necessária para mover o veículo, tornar sua propulsão "elétrico-híbrida".

Os autores denominam esse conceito de automóvel de *Hypercar* (Hipercarro). Contudo, os mesmos não avançam na questão do espaço urbano ocupado pelo automóvel, que gera congestionamentos, necessidade de maiores áreas para estacionamento e outras conseqüências apresentadas no desenvolvimento deste trabalho. Ainda mais, o conceito dos UNVs (*ultra narrow vehicles*, veículos ultra estreitos) permite um modo mais conveniente e eficiente de se utilizar uma infra-estrutura de transporte já existente já que o veículo exige pouco mais do que o espaço ocupado por uma motocicleta. Isto permitiria aumentar o número de vagas de estacionamento e a capacidade das vias. O fato de ser estreito permite que se reduza bruscamente a área frontal, reduzindo, também, a resistência aerodinâmica.

O veículo em estudo é elétrico, possui três rodas, sendo duas direcionais na dianteira, e uma na traseira, com tração individual em cada uma das 3 rodas, com cambagem variável eletronicamente das rodas dianteira em função do ângulo de esterçamento, velocidade, carga, entre outros parâmetros e sistema regenerativo de energia em cada motor. A concepção em "tandem" do motorista e passageiro (um atrás do outro) permite que o veículo ocupe metade da largura de um automóvel comum, dentro do conceito *ultra narrow vehicles*, ou seja, pouco mais do que o espaço ocupado por uma motocicleta, porém com cabine fechada, climatizada e com espaço para bagagens e possibilidade de incorporação de facilidades para deficientes. Aplicação de bolsas infláveis frontais e laterais é plenamente possível, bem como ABS (*Antilock Brake System*), BAS (*Brake Assistance System*) e ESP (*Electronic Stability Program*).

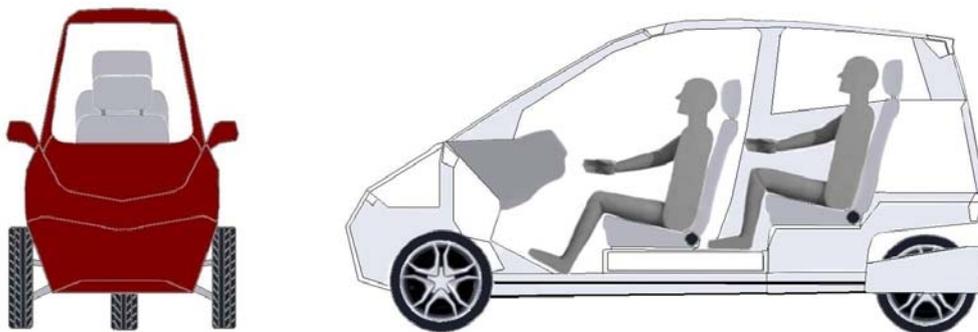


Figure 1 – Veículo em estudo.

Este projeto propõe, portanto, a utilização de um veículo dentro dos requisitos básicos do hiper carro, porém, considerando dimensões menores, de forma a torná-lo mais eficiente em termos de ocupação da malha viária. Dessa forma, o veículo típico desse sistema terá como características: agilidade, praticidade e economia próxima de uma motocicleta e o conforto e a segurança de um automóvel mais aprimorado, satisfazendo as necessidades humanas de transporte com o máximo de redução dos impactos ao ambiente em todo ciclo de vida desse produto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Sistemas Inteligentes de Transporte – ITS

Segundo Shareen (2004), os Sistemas Inteligentes de Transportes descrevem uma variedade de tecnologias que agregam funcionalidade aos transportes e podem ser incorporadas a veículos, rodovias, em áreas urbanas ou centralizadamente na prestação de serviços específicos e pré-definidos aos usuários do sistema, com o intuito de aumentar a mobilidade, a segurança, o conforto e a economia dos deslocamentos. A criação de uma infra-estrutura para a aplicação dos sistemas ITS envolve a definição dos conceitos, das tecnologias e dos serviços que podem ser utilizados para: captar, armazenar, transmitir, divulgar e receber informações de tráfego, obtidos nas diversas condições do ambiente de tráfego. O ITS pode ser implantado em diversas modalidades de serviços de tráfego, dado o atual estado de evolução da tecnologia.

Dentro do escopo da automação, temos, ainda sem uma denominação consensual na língua portuguesa, uma classe de sistemas que é chamada em inglês de *cyber-physical systems* (sistemas ciber-físicos). Estes sistemas não operam isoladamente, mas sim de forma cooperativa. Para tanto, os mesmos são interligados através de uma rede de comunicação, geralmente sem fio. Como exemplo destes sistemas podemos citar os sistemas de controle de desastres, os sistemas distribuídos de controle de processos, as redes de sensores para monitoração ambiental e também os robôs e veículos móveis cooperativos. Na sua maioria, tais sistemas possuem algum tipo de requisito de tempo real, precisando cooperar dentro de limites de tempo pré-definidos para atingir um objetivo comum. Tais requisitos encontram-se presentes em aplicações como robôs que partem para localizar e resgatar um objeto, veículos que atravessam um cruzamento sem necessitar de um semáforo, veículos que trafegam em comboio sem a intervenção do motorista, entre outros.

Segundo Becker (2006), dada a grande importância das redes sem fio nesse contexto, a área de pesquisa denominada Redes Móveis sem Infra-estrutura, do inglês *Mobile Ad-hoc Networks* – (MANETS), vem recebendo atenção especial. A mesma apresenta-se como uma área emergente de extrema importância para aplicações embarcadas envolvendo dispositivos móveis, motivando assim inúmeros projetos de pesquisa acadêmicos e industriais ao redor do globo. O grande desafio da área é prover uma sinergia entre a computação móvel e as redes sem fio, através da geração de mecanismos e serviços computacionais adequados para promover o funcionamento correto dos sistemas móveis cooperativos. Atualmente já existem subáreas derivadas das MANETS, como por exemplo as Redes Veiculares Móveis (VANETs), tema este considerado como altamente promissor por muitos pesquisadores. Estima-se que só na Europa sejam investidos anualmente entre 15 e 20 bilhões de Euros na área de sistemas embarcados, sendo uma grande parte nos

sistemas com mobilidade, conforme dados publicados pela Agência Espacial Europeia (2006).

Neste contexto, o projeto de pesquisa proposto neste documento trata da problemática relacionada às MANETS, pois está voltado para pesquisar problemas e soluções relacionadas com veículos móveis cooperativos. Nestas aplicações é possível observar diferentes tipos de comportamentos, a constar: (i) individuais, quando dispositivos tomam ações que independem dos demais dispositivos, (ii) colaborativos, quando dispositivos trabalham para o mesmo objetivo, mas não coordenam suas ações (ex: evitar colisões), e (iii) coordenados, quando o trabalho conjunto dos dispositivos requer a temporização de suas ações. No caso de veículos cooperativos, existe ainda o problema relacionado com o estabelecimento da conectividade entre os nodos, dado que muitas vezes estas aplicações são usadas em ambientes onde não existe infra-estrutura de rede disponível. Assim, os próprios veículos se encarregam de prover a conectividade.

Nesta classe de aplicações, a infra-estrutura de comunicação deve incorporar soluções integradas para resolver três questões principais, conforme Becker *et al* (2006), a constar: (i) prover um modelo de comunicação adequado; (ii) assegurar a entrega de mensagens dentro dos limites de tempo impostos; e (iii) prover um mecanismo de acesso ao meio com tempos determinista.

Verificam-se na literatura diversas soluções propostas para as questões colocadas, sendo cada uma delas voltada para uma parte específica do problema. Kaiser *et al* (2005) tratam do modelo de comunicação a ser adotado, argumentando que o protocolo *Publisher/Subscriber* (P/S) atende os requisitos destas aplicações, sendo também uma escolha natural devido à natureza do problema. No que se refere ao roteamento, Carzaniga (2001), constata que o roteamento baseado em conteúdo é um requisito básico em redes para dispositivos móveis, pois o endereçamento individual de mensagens se torna algo difícil e ineficiente quando há mobilidade. A descoberta de rotas pode se dar tanto de modo reativo, onde rotas são descobertas por demanda, como de modo pró-ativo, onde rotas são descobertas antecipadamente. Por certo é a necessidade de se reduzir a complexidade do roteamento *multihop*, por isso é sugerida a organização dos nodos em clusters (vide Akyldiz (2005)). Além disso, outra questão fundamental diz respeito ao controle de acesso ao meio. As soluções tipicamente adotadas são o acesso baseado em contenção e o acesso baseado em reserva de recursos. Cada uma tem seus prós e contras, porém certo mesmo é que somente a reserva prévia de recursos é capaz de oferecer garantias temporais.

3.2. Serviço carsharing

A idéia do sistema *carsharing*, segundo o *Victoria Transport Policy Institute* (2005) e Rosa (2004), é permitir que um indivíduo tenha acesso e possa utilizar um carro sem ter que possuí-lo, pagando apenas uma taxa normalmente menor do que a de locação convencional de um veículo. Esse sistema procura ser uma alternativa de baixo custo e alta acessibilidade aos meios de transporte coletivo e incentiva a redução do volume de carros trafegando ou em estacionamentos.

A primeira organização formal que implantou o sistema *carsharing* foi a “*StattAuto*”, em 1988, em Berlim. A ECS - *European Car Sharing* começou a operar em 1991, e está presente, segundo Seik (2000), em mais de 300 cidades na Alemanha. Esse tipo de serviço é muito comum hoje na Europa. Existem diversas cooperativas que utilizam o sistema *carsharing* em países como Dinamarca, Noruega, Suécia, Suíça, França (Clavel *et al*) (2009) e em algumas cidades da América do Norte, como Toronto, Montreal, Quebec,

Vancouver, Ottawa, além de várias cidades dos EUA, como São Francisco, Philadelphia e Portland, segundo Shareen *et al* (2009).

Conforme definições de Fellows *et al* (2000) e Rosa (2004), o serviço de *carsharing* objetiva uma faixa de utilização intermediária entre o táxi e a locação de veículos nos moldes tradicionais. Dessa forma, podemos caracterizar 4 serviços, basicamente, na mesma categoria, da seguinte maneira:

- Serviço de táxi: apresenta custo inicial baixo (bandeirada) que cresce numa taxa alta com o passar do tempo;
- Locação de veículo: apresenta custos iniciais baixos (diária) que aumentam com uma maior utilização;
- Leasing: veículo reservado ao usuário durante períodos mais longos, sob forma contratual mais fechada, durante semanas, meses, ou até anos;
- Serviço *carsharing*: apresenta um custo inicial intermediário e uma taxa de crescimento também intermediária entre os dois outros serviços. Essa configuração define uma faixa de utilização em que se apresenta com os menores custos.

Os conceitos de *carsharing* mais atuais, como o *Car2Go*, lançado a princípio, como programa de avaliação na Alemanha, pela Daimler AG. (2008), incorporam largamente elementos de ITS e propõem o uso de veículo pequeno, leve e ultra econômico, tendo funções semelhantes a um veículo de aluguel ou de um táxi, dependendo das necessidades do usuário do veículo. Adicionalmente, a forma de acesso e de liberação do veículo para outros usuários é controlada digitalmente via *smartcard* e monitorada remotamente pelos centros de controle viário, através de tecnologia GPS.

3.3. PRT - Personal Rapid Transit

Os PRTs (1989) são veículos elétricos pequenos e leves para 2 ou 3 passageiros e são guiados através de sistemas de monitoramento inteligente (não há motorista). A alimentação do motor provém da própria via onde o PRT circula. Um PRT gasta $\frac{1}{4}$ da energia de um carro convencional para se movimentar e utilizam uma malha viária exclusiva, de baixo custo, permitindo ao PRT a circulação ao nível do solo ou mesmo em vias elevadas. Um exemplo de aplicação prática de um PRT atualizado é o ULTra PRT (2009), que será lançado em 2010 no aeroporto Heathrow de Londres. Este último utiliza sistemas de controle de movimentação integrados à interface veículo-pista e veículo-veículo.

4. MÉTODOS A SEREM UTILIZADOS

4.1. Numérica

4.1.1. Simulações de tráfego;

Tendo em vista o sistema ITS e *carsharing* e focando no aspecto da operação do veículo proposto, buscam-se, com o uso de simuladores de tráfego a nível micro e macro, as estratégias de locomoção sobre a malha urbana (uso misto com os demais tipos de veículo), em canaletas ou pistas exclusivas em nível e elevadas e a integração com os demais meios de transporte; Utilizando simuladores de tráfego, se buscará levantar os principais parâmetros de desempenho do tráfego, procurando analisar o impacto do uso do veículo tipo triciclo em sistema *carsharing* e considerando o monitoramento e atuação de sistemas ITS sobre a malha viária em estudo, através da análise de cenários “antes e “depois” de sua utilização, com aplicação às áreas de Florianópolis já citadas.

4.2. Experimental

4.2.1. Projeto experimental

O objetivo do projeto experimental é o desenvolvimento de tecnologia necessária para aplicação de sistemas ITS através de uma arquitetura de comunicação para sistemas (embarcados) móveis cooperativas, que se comunicam através de uma rede sem fio (WLAN). O projeto visa enfatizar a construção de uma arquitetura que leve em consideração tanto os recursos computacionais escassos presentes nestes sistemas, bem como os requisitos e restrições presentes neste tipo de aplicação, como comunicações em grupo, priorização entre mensagens, requisitos temporais e sincronização de relógios. A arquitetura a ser desenvolvida no projeto deverá permitir a comunicação entre os veículos, contendo requisitos de QoS (*Quality of Service*) como alta disponibilidade e garantias temporais. Este experimento deve ser capaz de aferir e demonstrar a utilização da arquitetura proposta.

Dentre os objetivos específicos do da parte experimental é possível destacar:

- Oferecer garantias de QoS às aplicações desenvolvidas, especialmente alta confiabilidade e garantias temporais;
- Testar e avaliar sistemas ITS de comunicação veículo-veículo e veículo pista, através de protocolos wireless através do desenvolvimento de protótipos de testes dos sistemas de controle de movimentação e dos sistemas ITS. Para experimentação em ITS, será considerado um conjunto de cinco veículos em escala, com o objetivo de monitorar e controlar um comboio de veículos em um regime "permanente" e estudos de interseções não semaforizadas como um "transiente" (considerando, também, entrada e saída de bolsões de estacionamentos, além das interseções, por exemplo).

Para este sistema de avaliação serão utilizados, além dos laboratórios da UFSC, a nova pista de testes do Campus de Engenharia de Mobilidade da UFSC na cidade de Joinville, instrumentando-a com elementos de ITS.

4.3. Estudo de caso em Florianópolis.

A metodologia, em termos de estudo de caso, objetiva aplicar as tecnologias propostas, em um ambiente simulado, ao estudo da malha urbana de Florianópolis, com o auxílio dos dados reais de tráfego da cidade obtidos nos itens a seguir:

- Estudo da aceitação pelo usuário ao novo conceito proposto (ITS + *carsharing*), através do estudo da probabilidade de escolha do triciclo pelo usuário, baseado em entrevistas utilizando a “Técnica de Preferência Declarada”, com a utilização do modelo Logit, (Goldner, 2004); coleta dos parâmetros de tráfego em campo, na cidade de Florianópolis e processamento posterior destes dados;
- Em relação ao sistema *carsharing*, buscar-se-á a definição dos principais pontos de armazenamento do veículo tipo triciclo, onde se realizarão as operações de entrada e saída do sistema, com aplicação à área central de Florianópolis e seus principais corredores de acesso;
- Definição das alternativas de utilização do veículo proposto no tráfego urbano com diferentes graus de integração com os demais modais e análise crítica dos resultados.

5. RESULTADOS ESPERADOS

5.1. Impacto Científico e Tecnológico

- Domínio de tecnologias de ITS;
- Possibilidade de transferência de conhecimentos para o setor produtivo da área, através da parceria com empresas já firmadas;
- O veículo em estudo será apresentado em um evento do segmento automobilístico com grande repercussão nacional e internacional, permitindo que a UFSC seja confirmada como um centro de excelência na aplicação de tecnologias e inovações para a indústria automobilística.

5.2. Impacto Econômico

- Tecnologia nacional de baixo custo com possibilidade de transferência para a indústria.
- Redução de custos imediatos para o usuário final ou para cooperativas utilizando o veículo para transporte de funcionários e/ou carga.
- Redução de custos de investimentos e operação do sistema de transporte urbano a médio e longo prazo por parte da prefeitura de Florianópolis.

5.3. Impacto Social

- Redução no número de acidentes de trânsito, com o desenvolvimento de um conceito de transporte mais econômico, estável e seguro;

- Redução dos tempos de viagem nos centros com grande fluxo de tráfego, agilizando serviços e promovendo menores condições de estresse aos usuários do sistema.

5.4. Impacto Ambiental

- Redução da emissão de poluentes por veículo, devido ao menor número de veículos circulando, através do uso do sistema de *carsharing* controlados por ITS.
- Redução do ruído gerado por veículos, pelo mesmo motivo apresentado acima e pelo veículo possuir propulsão elétrica.

6. CONCLUSÕES

O artigo apresentou a idéia do projeto através da exposição geral do conceito e, como observado, existe a possibilidade do projeto ser viável, técnica e economicamente, naturalmente dependendo de financiamento externo, público ou privado, para investimentos de infra-estrutura e operação do serviço como um todo.

O conceito apresentado é inovador e representa uma contribuição à mobilidade urbana no sentido de otimizar em vários aspectos (utilização de energia, segurança, conveniência, rapidez, entre outros) o transporte individual dentro de uma malha urbana com restrições de alternativas de rotas e alta densidade de veículos. Visto que, com o grande crescimento do número de veículos a urgência do avanço de conceitos como o proposto para a melhoria das condições de tráfego se torna imprescindível.

A Universidade Federal de Santa Catarina, através dos seus laboratórios, parcerias e equipe de professores e alunos está preparada para o desenvolvimento e aplicação deste conceito e, também, de suas etapas posteriormente necessárias.

Espera-se que a experiência adquirida, em um momento posterior, sirva de modelo para outras cidades brasileiras, bem como do exterior, buscando-se otimizar o fluxo de tráfego e o transporte de pessoas em áreas urbanas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akyldiz, I. et al. (2005). Wireless mesh networks: a survey. In: Computer Networks, vol 47, issue 4, pp 445-487;
- ATRA 1989 PRT Report. (1989). Personal Rapid Transit (PRT), Another Option for Urban Transit?, Advanced Transit Association, Inc.;
- Becker, L. B. (2006). Arquitetura de Comunicação para Sistemas Móveis Cooperativos – ACERVO, Departamento de Automação e Sistemas – DAS – UFSC;
- Carzaniga, A.; Wolf, A. (2001). Content-based networking: a new communication infrastructure. In: NSF Workshop on an Infrastructure for Mobile and Wireless Systems. NSF;
- Catanhede de Sá, Vera B.; Ribeiro, Paulo C. Martins. (2000). Contribuição à Aplicação dos Sistemas Inteligentes de Transportes no Gerenciamento de Estacionamento na Cidade do Rio de Janeiro. PET-COPPE/UFRJ, 57p.;
- Clavel, Robert.; Mariotto, Muriel; Enoch, Marcus; (2009). Carsharing in France: Past, Present e Future. Transportation Research Board Annual Meeting, 17 p.;
- Daimler AG, (2008). Daimler Starts Mobility Concept for the City: car2go – as Easy as Using a Mobile Phone, <http://www.daimler.com/>. Acesso em 23/10/2008;
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA), (2006). Embedded Systems at the heart of Europe's Industrial Growth, Artemis meeting. Brussels;
- Fellows, N.T.; Pitfield, D.E. (2000). An economic and operational evaluation of urban car-sharing. Transportation Research Part D 5 1-10 p.;
- Goldner, Lenise G.; Andrade, Leonardo G. (2004). Uso da Técnica de Preferência Declarada no Estudo de Estacionamentos de Aeroportos. PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina, 11 p.;
- Hawken, Paul; Lovins, Amory; Lovins, L. Hunter. (2000). Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial. São Paulo: Cultrix, 358 p.;
- Kaiser, J.; Brudna, C.; Mitidieri, (2005). A real-time event-based middleware for the CAN bus. In: Journal of Systems and Software, vol 77, pp 27-36.;
- Larica Neville Jordan (2003). Design de transporte: arte em função da mobilidade. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 216 p.;
- Lopensino, Juan José. (2002). Uma Nova Concepção de Veículo de Transporte Urbano de Passageiros. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina;
- Seik, Foo Tuan (2000). Vehicle ownership restraints and car sharing in Singapore. National University of Singapore. Habitat International, 75-90 p.;

Shareen, Susan A. (2004). Intelligent Transportation Technology Elements and Operational Methodologies for Shared-Use Vehicle Systems. University of California, Berkeley, Transportation Research Record Nº1841, 99-108p.;

Shareen, Susan A.; Cohen, Adam P.; Chung, Melissa S. (2009). North American Carsharing: A Ten-Year Retrospective. Transportation Research Board Annual Meeting, 23 p.;

Silva, Marcelo Carlos da. (2004). Análise dos Sistemas Individuais de Transporte Urbano: Propondo um Conceito de Veículo Automotor para a Mobilidade de até Duas Pessoas. CEFET-SC, Florianópolis;

Sobral, M.; Becker, L. (2006). Guidelines for Creating MANETs. In: 27th IEEE Real-Time Systems Symposium, Rio de Janeiro. Proceedings of the 27th IEEE Real-Time Systems Symposiums;

ROSA, Edison da. (2004). “Projeto FLEX RENT - Veículo conceito para aluguel” Curso de Especialização em Engenharia Automotiva – FIAT Automóveis S.A./UFSC, Betim;

TDM Encyclopedia Victoria Transport Policy Institute. (2005). Carsharing Vehicle Rental Services That Substitute for Private Vehicle Ownership;

ULTra PRT, (2009). Advanced Transport Systems Ltd. Bristol, Londres, <http://www.ultraprt.com/cms/>. Acesso em 26/11/2009.