

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

**ÔNIBUS AUTÔNOMO EM CORREDORES EXCLUSIVOS: ESTUDO DE
VIABILIDADE ESTRUTURAL E DE INVESTIMENTOS NO BRASIL**

**SÃO CAETANO DO SUL
2015**

ADILSON LIBONE

**ÔNIBUS AUTÔNOMO EM CORREDORES EXCLUSIVOS: ESTUDO DE
VIABILIDADE ESTRUTURAL E DE INVESTIMENTOS NO BRASIL**

Monografia apresentada ao curso de Pós Graduação
em Engenharia Automotiva, da Escola de
Engenharia Mauá do Centro Universitário do
Instituto Mauá de Tecnologia para a obtenção do
título de Especialista.

Orientador: Dr. Wanderlei Marinho

**SÃO CAETANO DO SUL
2015**

Libone, Adilson

Ônibus Autônomo em corredores exclusivos: Estudo de viabilidade estrutural e de investimentos no Brasil.

54 p.

Monografia — Pós-Graduação em Engenharia Automotiva. Centro
Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2015.
Orientador: Prof. Wanderlei Marinho

1.Comboio 2.BRT 3.Qualidade de vida 4.Sustentabilidade 5.Viabilidade

DEDICATÓRIA

Dedico com muita gratidão e carinho este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente para sua realização.

EPIÍGRAFE

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim. (Francisco Cândido Xavier)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que no decorrer deste grande percurso dividido entre Escola, Trabalho e principalmente Família, contribuíram com votos de muita perseverança e dedicação, em destaque:

A minha Família Telúrica e do Além.

Ao orientador Prof. Wanderlei Marinho que teve papel indispensável na elaboração deste trabalho.

A todos os profissionais que contribuíram com informações para compor o trabalho, porém um agradecimento especial ao colega de Empresa, o Sr. Laércio da Costa Barbosa no qual apoiou com relevantes dados sobre o tema.

Ao Criador, que nos oferece diariamente o dom da vida no qual temos a oportunidade de reparação e crescimento.

RESUMO

Esta Monografia tem como objetivo apresentar um estudo sucinto da mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras. A carência de um transporte público coletivo de massa com qualidade motivou realizar esta pesquisa e assim rever alguns conceitos de transporte empregados atualmente, apresentando uma nova perspectiva de solução. Com o advento dos corredores exclusivos de ônibus onde o sistema BRT é utilizado, seus usuários foram beneficiados com a melhoria do transporte principalmente sob o aspecto do tempo de locomoção, que foi consideravelmente reduzido. Porém, devido ao constante aumento demográfico de regiões existentes e do surgimento de novos bairros, cada vez mais distantes do centro da cidade, verificou-se que o modelo de transporte coletivo por meio dos ônibus adotados atualmente não é suficiente para atender à demanda futura. Dessa forma, conclui-se que existe a necessidade de se empregar um veículo de transporte extra para atender essa solicitação. O emprego de um veículo autônomo (veículo sem motorista), operando em forma de comboio, e que se apoie no emprego de tecnologias de ponta é uma forma de resolver esta questão, com impactos positivos na qualidade de vida dos usuários, uma vez que fará uso de um meio mais rápido, eficiente e seguro de transporte. Para se alcançar esse patamar de requisitos de transporte urbano coletivo, será necessário o emprego de muita eletrônica embarcada de última geração, de novas leis de tráfego, de novas ferramentas de gestão de frotas associadas a quebras de paradigmas, e que os órgãos municipais, estaduais e federais juntamente com indústrias envolvidas e sociedades terão um papel fundamental na criação de fóruns de discussões e planejamentos para as ações necessárias no atendimento de todas as perspectivas futuras.

Palavras-chave: Comboio de Ônibus. Ônibus Autônomo. Qualidade de vida. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This Monograph aims to present a brief study of the urban mobility in Brazilian cities which the lack of a public transportation mass quality, motivated this research and thus review some concepts of transport currently employed by presenting a new solution perspective. With the advent of exclusive lanes where the BRT system is used, its users have benefited from the improvement transport, especially in the aspect of traveling time, which was considerable reduced. Nevertheless, due to constant growth of existing zones the population and the new emergence of new neighborhoods far from the city center, it is observed that the transport bus model, is no longer sufficient to meet future demand. Thus it is concluded that there is a need to employ an extra vehicle to meet this need. The use of an autonomous vehicle (driverless buses), operating in the form of convoy, which rests in the use of cutting-edge technologies is presented as a way to resolve this issue, with positive impacts on the users life quality, since will be a faster, efficient and a safe transport. To achieve this level of collective urban transport requirements, it will be necessary the latest generation of embedded electronics, new traffic laws, approvals of new fleet and operators management tools associated with a paradigm shift, where municipal bodies federal, state and involved with industries and companies that will play a key role in creating forums of discussions and planning the actions needed to meet these future prospects.

Keywords: Bus platooning. Autonomous Bus. Quality of Life. Sustainability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ensaios EMI & EMC.....	23
Figura 2 – Espectro do Radar	24
Figura 3 – Espectro dos Radares	25
Figura 4 – Módulo do Radar	26
Figuras 5 e 6 – Visões da Câmera	27
Figura 7 – Módulo da Câmera Mono	27
Figura 8 – Módulo da Câmera Estéreo	28
Figura 9 – Visão da Câmera Estéreo	28
Figura 10 – Visão da Câmera	29
Figura 11 – Visão digital do pedestre.....	30
Figura 12 – Posicionamento do Radar no Ônibus.....	36
Figura 13 – Posicionamento da Câmera.....	36
Figura 14 – V2V.....	39
Figura 15 – Módulo de Controle de Peso	40
Figura 16 – Plataforma V2V (Nível 1).....	40
Figura 17 – Impacto Aerodinâmico	41
Figura 18 – Plataforma V2I (Nível 2)	42
Figura 19 – Ônibus Totalmente Autônomo.....	48
Figuras 20 e 21 – Ônibus Autônomos em operação.....	48
Figura 22 – Acidente entre dois ônibus autônomos.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliações Excelente/bom em %	33
Tabela 2 – Redução do consumo de combustível.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Adaptative Cruise Control – Controle de cruzeiro adaptativo
AEB	Advanced Emergency Brake – Frenagem de emergência avançada
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BMS	Brake Management System – Sistema de gerenciamento de freio
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	Bus Rapid Transit – Transporte Rápido por Ônibus
CAN	Controller Area Network – Comunicação de dados por rede de controle
CNG	Compressed Gas Natural – Gás Natural Comprimido
EMC	Electromagnetic Compatibility – Compatibilidade Eletromagnética
EMI	Electromagnetic Interference – Interferência Eletromagnética
EMS	Engine Management System – Sistema de gerenciamento do motor
FABUS	Associação Nacional de Fabricantes de Ônibus
Fenabreve	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
GMS	Gearbox Management System – Sistema de gerenciamento do câmbio
GPRS	General Packet Rádio Services – Serviços Gerais de Pacote de Rádio
GPS	Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global
IMU	Inertial Measurement Unit – Unidade de medida inercial
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LDW	Lane Departure Warning – Alerta de saída de faixa
LIDAR	Light Detection and Ranging – Detecção pela Luz e suas propriedades
LIT	Laboratório de Integração e Testes (Órgão integrante do complexo do INPE)
PBT	Peso Bruto Total
SMS	Suspension Management System – Sist. de gerenciamento da Suspensão
TCO	Tachograph – Cronotacógrafo

V2I	Vehicle to Infrastructure – Veículo conectado a Infraestrutura
V2V	Vehicle to Vehicle – Comunicação entre veículos
WCS	Weight Control System – Sistema de Controle de Peso
Wi-Fi	Wireless Fidelity – Rede de comunicação sem fio
Blue Tooth	Sistema de Comunicação de Dados sem Fio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.3 FORMULAÇÕES DO PROBLEMA.....	14
1.4 HIPÓTESES DE ESTUDO.....	15
1.5 OBJETIVOS	15
1.6 JUSTIFICATIVAS DO TEMA	16
1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA	18
1.7.1 SPTrans	18
1.7.2 Operadoras/Viações	19
1.7.3 ANFAVEA/Fenabrave/FABUS	20
1.7.4 Montadoras.....	20
1.7.5 Encarroçadores	22
1.7.6 Sistemistas	23
1.7.7 Público Usuário.....	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO	34
3 TECNOLOGIA APLICADA.....	35
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	45
5 CONCLUSÃO	51
6 REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Ônibus Autônomo em corredores exclusivos.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Viabilização do projeto do projeto de Ônibus Autônomo em corredores exclusivos em grandes centros urbanos brasileiros, a partir da observação da abrangência dos elementos de pesquisa, complexidade organizacional diante de inúmeras entidades e organizações, para a ruptura de paradigmas quanto ao uso de novas tecnologias a favor da coletividade pelo novo conceito de transporte com segurança a ser criado e normatizado por corporações nacionais e internacionais para considerar todos os aspectos estruturais que envolvem o desenvolvimento do projeto, ensaios com protótipos, reestruturação de malhas viárias dos corredores, aliado a longo tempo de validação e implantação.

1.3 FORMULAÇÕES DO PROBLEMA

O Brasil possui estrutura suficiente e adequada para a implantação de ônibus autônomo em corredores exclusivos?

Órgãos públicos federais, estaduais e municipais assim como, Denatran/Detran, Anfavea, Fenabreve, BNDES, operadoras/viações, montadoras de chassis de ônibus, encarroçadores, sistemistas automotivos de eletrônica embarcada e a própria sociedade serão capazes de criar e regulamentar leis, bem como cumpri-las, conceber novos padrões de transporte, capacitar os meios através de rígidos treinamentos, adequar novas gestões das operadoras e compatibilizar novos conceitos de transporte para a cidade?

Será necessário vultoso esforço de toda essa cadeia para, em primeiro lugar conscientizar a todos sobre o importante conceito.

Em seguida, romper princípios quanto ao novo meio de transporte junto a sociedade (usuários, pedestres, ciclistas, condutores de veículos particulares e afins), que precisará compreender o quão benéfico será para a coletividade agregar qualidade de vida aos habitantes, bem como pela causa a favor da sustentabilidade ambiental, especificamente com a redução da poluição atmosférica e até da poluição sonora.

1.4 HIPÓTESES DE ESTUDO

Acredita-se que esta nova forma de transporte público nas grandes metrópoles a qualidade de vida do usuário deverá ser elevada, e a cidade também será beneficiada por uma estrutura organizacional mais confiável, segura, com qualidade do serviço e ecologicamente mais limpa.

Segundo o Prof. Rômulo Ribeiro (2014), Mobilidade Urbana Sustentável é o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, com a priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados, de forma efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável.

Incentivar a ampliação dos transportes públicos motorizados ou não, para a melhoria da mobilidade urbana faz parte de um dos artigos da Lei 12.587, inserida na nova Política Nacional de Mobilidade Urbana.

O Prof. Carlos Guimarães, especialista em transportes, avalia que “o transporte individual é ineficiente tanto do ponto de vista de transporte como em termos ambientais e o número crescente da frota de automóveis tem provocado uma forte redução na mobilidade das cidades” (Artigo citado em entrevista dada ao portal Rede Brasil Atual em 2012).

1.5 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de viabilidade de implantação de veículos autônomos em comboio, isto é, um primeiro veículo à frente, guiado por um motorista e um segundo veículo “atrelado virtualmente” seguindo atrás. O segundo veículo, também chamado de sombra, estará sempre na retaguarda e será guiado eletronicamente pelo ônibus que está à frente formando assim um comboio de dois ônibus.

Alguns temas relacionados a esse objetivo necessitarão ser discutidos tais como aspectos financeiros de investimento público (BNDES) e se necessário de bancos privados; aspectos técnicos e operacionais como a segurança dos serviços tanto para os usuários quanto ao circuito do corredor; pontualidade e tempo de espera nas paradas; a estabilidade do sistema e do conforto dos passageiros dentro dos ônibus, redução no consumo de combustível.

Ao aperfeiçoar o desempenho do sistema de transporte de grandes centros urbanos, conquistar-se-ão novos usuários que antes utilizavam o transporte individual. Com um número de veículos particulares menor nas ruas, o tráfego será menor, com sensível redução da poluição atmosférica e sonora com expressiva melhora da qualidade de vida dos usuários e da população.

A implantação de novas tecnologias oriundas das montadoras e sistemistas tornarão este sistema um dos mais sustentáveis nas grandes cidades no futuro próximo.

A redução do consumo de combustível cuja abordagem posterior esclarecerá, demonstra que a resistência ao ar pelo segundo veículo, em sua parte frontal, é reduzida diante da pequena distância com o veículo da frente,

O resultado esperado desse conjunto de alternativas postas em prática é fazer deste sistema único, um marco ecológico e tecnológico para a cidade com expressivos resultados positivos a favor da mobilidade urbana.

1.6 JUSTIFICATIVAS DO TEMA

A locomoção de pessoas em grande escala pelo transporte público por meio de ônibus requer muita responsabilidade para com a qualidade do serviço, ora realizada por órgãos públicos ou particulares por meio de cooperativas ou consórcios. Cidadãos, cada vez mais, despendem desse precioso item de valor, denominado TEMPO investido em deslocamentos.

Os usuários ficam à mercê da prestação desse serviço, muitas vezes disponibilizado de forma precária, levando muitas vezes o viajante ao estresse físico e emocional, resultando em complicações à saúde do mesmo. Uma abordagem motivadora ao transporte mais eficiente, seguro e rápido, está relacionada ao lema deste trabalho: “Menos tempo no trânsito, mais tempo para você”.

Reduzir o tempo de locomoção, aumentar o conforto, melhorar a qualidade da prestação dos serviços, dentre outros serviços, a disponibilização ao usuário de redes de comunicação por Internet gratuita via Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), e a manutenção da segurança do sistema é competência do prestador de serviço. Por meio da implementação dessas ações, verificar-se-á certamente uma melhora significativa na qualidade de vida da população em geral, pois ficará confirmada a eficácia do sistema.

De acordo com a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Brasil, 2004), gerida pelo Ministério das Cidades, a discussão com os gestores dos Municípios está em elaborar medidas para: canalização dos investimentos públicos no setor de transportes; uso de combustíveis alternativos; redução do número de acidentes e talvez o principal deles que é o fomento do uso do transporte coletivo ao individual.

Essas questões são consideradas os pilares de uma política ambiental saudável e fazem parte de um objetivo a ser cumprido a médio e longo prazo na manutenção e no desenvolvimento de novos projetos de corredores nas grandes cidades.

Autoridades governamentais das metrópoles juntamente com a toda a cadeia produtiva que manufaturam este tipo de veículo projetado deverão estar condizentes com a política pública de descarte de resíduos eletrônicos. Desde a exploração mineral que abastece as indústrias de base para a manufatura de peças metálicas até os módulos eletrônicos devem estar rigorosamente condizentes com a Lei n.12.305/2010, que referencia a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Essa lei cria a responsabilidade e a obrigação de que todas as empresas fabricantes, importadores, consumidores finais, prefeituras e todos os órgãos públicos envolvidos, tenham a responsabilidade de recolher ou mandar para empresas de reciclagem certificadas ou aterros sanitários próprios para os lixos por eles criados ou utilizados.

Convém desde o início dos estudos, planejar e inserir ao sistema essa percepção ecológica, pois será passada uma imagem de que o modelo em toda sua cadeia está alinhado à causa ambiental saudável.

Algumas das empresas que fabricam e fornecem peças e utilizam materiais tóxicos que agredem a natureza com a sua produção deverão se encaixar no apropriado descarte no lixo, para não prejudicar a saúde humana e do meio ambiente. Serão essas empresas alvo de transição e adaptação de seus métodos e uso de materiais alternativos.

Apoiada na Lei, toda a cadeia estará comprometida a disponibilizar recursos de qualquer organização para implantar a nova ordem de uso e descarte, isto é, desde as pequenas peças aos veículos protótipos com posterior descarte. Qualquer material descartado será destinado a reciclagem isenta de qualquer prejuízo para a natureza. Assim, mesmo o próprio veículo que por ocasião de acidente ou mesmo terminando seu ciclo de trabalho, estará disponível para o correto descarte.

Desmanches legalizados estarão aptos a segregar e reciclar todo material metálico ou não, assim como todo os dispositivos eletrônicos instalados nos veículos. Destaca-se que no descarte de um produto eletrônico, com de materiais nobres, como por exemplo, o ouro, deverá ter peças direcionadas ao produtor para que haja o procedimento adequado.

1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA

São Paulo, Capital, será a cidade piloto a verificar a viabilidade da implantação deste estudo.

No decorrer do desenvolvimento dessa atividade, surgiram contratempos, e houve a necessidade de recorrer a fontes de pesquisa virtual dentro do campo da Internet, acessando portais dos respectivos órgãos e associações, informativos e publicitários, ou por meio de um network¹ adquirido ao longo de minha experiência no ramo automotivo, gerando informações-chave para compor o conteúdo deste trabalho.

A seguir são apresentadas as instituições envolvidas neste estudo.

1.7.1 SPTrans

São Paulo Transporte S.A. (SPTrans) é o agente gestor do transporte público da cidade de São Paulo. Tem como objetivos: disponibilizar veículos sustentáveis para a população; racionalizar linhas; atender à população com qualidade; trazer fluidez aos corredores num ambiente com responsabilidade ecológica; aplicar uma política de preço de passagem adequada ao público, e principalmente disponibilizar veículos com novas tecnologias de qualquer ordem que traga ao sistema ganhos para o empresário, para a cidade e a população como usuário final.

Haverá necessidade de criar um espaço de discussão dos futuros projetos, para obtenção de recursos financeiros, apontar os gargalos do sistema atual, coordenação da política ambiental, expansão da malha, controle da frota, acompanhar o desempenho das linhas informada pelas operadoras, rentabilidade como um todo e outros dados que venham a contribuir para uma pesquisa de viabilização do projeto.

A mobilidade dos usuários numa plataforma de transporte totalmente nova, requer recursos financeiros provenientes de bancos de financiamento como o BNDES ou por meio de linhas de créditos especiais que serão essenciais para a implantação o projeto.

¹ Termo em inglês que significa rede e que no caso expressa um grupo de contatos profissionais.

1.7.2 Operadoras/Viações

A quebra de conceitos será a pauta de discussões delineadas nas operadoras e viações como: preço do veículo, rentabilidade (custo X benefício), manutenção dos sistemas e investimentos em treinamento dos futuros motoristas e operários das salas de controle e operação

As planilhas e composições de quadros de horários e linhas de maior volume de passageiros transportados; linhas com maior índice de reclamações; as mais deficitárias para possíveis experimentos; linhas onde o tempo de espera do passageiro é maior nas paradas; linhas onde a relação distância x tempo é maior e linhas onde há maior consumo de combustível, serão criteriosamente observadas para estabelecer o novo método.

Registro de observações sistemáticas realizadas nos corredores, confronto de dados obtidos dos órgãos regulamentadores municipais e operadoras para comparação com os testes a serem realizados *in loco*².

Aliado ao novo modelo, agrega-se uma contribuição considerável na segurança dos passageiros e veículos arredores caso o corredor não seja puramente exclusivo, pois conforme estatísticas, o risco de acidentes sob a responsabilidade do motorista está em 90% do total de acidentes, e neste caso temos toda a eletrônica embarcada nos assessorando e contribuindo para a redução.

Colhendo informações pela rede de comunicação das empresas e profissionais ligados ao atendimento ao cliente direto (pós vendas), os empresários resumem que uma de suas principais metas é conhecer melhor as necessidades do setor, nesse caso, a parceria com a secretaria de transportes da cidade será de extrema importância para debates pertinentes ao assunto, pois será um elemento gerador de dados ao operador, proporcionando melhor nível de satisfação ao motorista e aos usuários e reduzir custos operacionais da frota.

Em uma entrevista recente a uma montadora, um proprietário de uma empresa na região do ABC paulista foi questionado sobre o que ele mais almejaria ter em um ônibus urbano? E a resposta foi “inusitada”: ter um veículo sem motorista, ou seja, autônomo.

O propósito deste estudo está alinhado com alguns objetivos comuns de profissionais do setor. Além de esclarecer que num projeto desta magnitude, envolvendo toda uma união de diferentes organismos, demandará custo elevado do produto final além do custo em estudos profundos de *payback*³ que devem ser pormenorizados.

² Expressão de origem latina que significa no local.

³ Expressão em inglês que significa tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

1.7.3 ANFAVEA/Fenabrave/FABUS

São entidades ligadas ao ramo automotivo que defendem interesses comuns das associadas e juntamente com as montadoras que por ora devem debater temas pertinentes a investimentos em melhoria produtiva, avaliar o cenário econômico com a implantação de novas tecnologias aplicadas aos veículos que tragam benefícios para toda a cadeia automotiva.

Fornecedores, montadoras, encarroçadoras e toda a rede de distribuição de veículos que farão parte da linha de frente para motivar e coordenar ações pertinentes ao sistema, para o qual todos serão chamados com a realização de debates, palestras e afins como pauta para abordagem do tema.

Observa-se que diante do cenário econômico em que o país está passando, muitos representantes levantarão questões de como promover e incentivar investimentos de elevado valor para um retorno talvez duvidoso, e qual será a melhor relação custo x benefício deste novo sistema. Espera-se que o governo fomenta esta causa e utilize de todas suas ferramentas para o sustento do projeto, uma vez que ele tem um papel imprescindível no investimento junto a cadeia. Não de se estruturar para criar um padrão adequado a todas as empresas do sistema.

1.7.4 Montadoras

Grandes fabricantes de chassis de ônibus urbanos serão o foco para as atividades desta pesquisa, desde os protótipos, aos primeiros ensaios para implantação do novo modelo. Será de sua responsabilidade montar os novos sistemas nos veículos cuja necessidade requer uma eletrônica embarcada de última geração para contemplar as novas demandas do projeto.

A segunda fase a ser aplicada nessas empresas refere-se à discussão sobre o emprego de combustíveis alternativos como etanol, gás CNG⁴ aliada à tecnologia híbrida com o uso do KERS⁵. Algumas montadoras já contam com essa tecnologia em seus países de origem com protótipos já em fase de testes e um ônibus totalmente movido a eletricidade por meio de bancos de baterias de fosfato de ferro-lítio (Fe) já estão em teste piloto nas grades capitais brasileiras.

Não obstante, as montadoras europeias já possuem o sistema de comboio de até três veículos para a aplicação em caminhões de carga nas rodovias. Trata-se aqui de uma adaptação para ônibus urbanos que será uma questão de aprimoramento, que requer mais recursos tecnológicos pelo fato de existirem situações adversas como várias paradas (pontos de ônibus), sinalizações semafóricas em vários cruzamentos, um corredor limitado em suas dimensões demandando uma precificação de movimentos e orientações com seu trajeto/rota já mapeado pelo GPS (*Global Positioning System*).

⁴ Termo em inglês *Compressed Natural Gas* que significa Gás Natural Comprimido.

⁵ Termo em inglês *Kinetic Energy Recovery System* que significa Sistema de Recuperação de Energia Cinética.

O mais relevante de todos os elementos envolvidos no sistema é a vida do ser humano. Em se tratando de montadoras escandinavas essencialmente, altas cifras de pesquisa e desenvolvimento são investidos, quando se busca o primor da segurança. Elas tornam-se referências mundiais e formadoras de opiniões quando o assunto é o futuro da segurança automotiva.

Tanto na segurança ativa quanto na passiva do motorista, de possíveis passageiros e até numa eventual colisão frontal com um obstáculo, sendo com um pedestre, podemos ter a confiança de que teremos o mais considerável sistema de segurança em prol das vidas colocadas em risco.

1.7.5 Encarroçadores

Encarroçadores de aplicação urbana serão questionados quanto à capacitação, compatibilização e "interfaceamento" eletrônico com a nova plataforma de comunicação vindas das montadoras. Engenheiros, técnicos e operadores fabris serão treinados e capacitados a realizar a montagem dos novos sistemas seguindo orientações dos fabricantes de chassis e dos sistemistas. Esses serão o elo final da cadeia quando o veículo for entregue ao cliente.

Ensaio de vários matizes serão necessários para que os sistemas contidos no ônibus sejam totalmente homologados e certificados perante órgãos nacionais e internacionais quanto à nova plataforma de eletrônica embarcada. Salienta-se a importância de efetuar os mais severos testes de interferência e compatibilidade eletromagnética (EMI & EMC), pois uma nova geração de câmeras, sensores, atuadores elétricos e pertinentes estarão compondo os novos sistemas.

Atualmente, a prática de certificações dessa ordem segue normas europeias e restringe-se apenas aos sistemistas junto às montadoras em que testam seus módulos isoladamente ou por meio do chassis completo, já com todos os módulos (ECUs) ora energizados.

Raríssimas são as vezes em que encarroçadores submetem seus produtos finais a esses ensaios. Porém, com a implantação deste projeto, os custos deverão ser divididos entre os sistemistas, montadoras e encarroçadoras, pois todas estarão intrinsicamente conectados eletronicamente por meio de cabos, chicotes, ECUs, antenas e pertinentes.

No veículo sombra ou "pseudo" autônomo, a área destinada ao motorista que contém o assento (banco), estruturas metálicas de isolamento, painel de instrumentos, direção e demais instrumentos ora destinados aos comandos do motorista, será revertida para disposição de passageiros a permanecerem em pé ou até de novos assentos para os usuários. Assim, a quantidade de passageiros deslocados será maior, pois a relação de quantidade de pessoas transportadas por área (m^2) será ainda superior àquela da cidade de São Paulo, essa relação gira em torno de seis pessoas por metro quadrado (m^2). Igualmente uma quantidade maior de pessoas serão transportadas.



Figura 1 – Ensaios EMI & EMC

Fonte – Scania e INPE/LIT

Na Figura 1, observa-se um ônibus encarroçado sendo submetido a ensaios de interferência e compatibilidade eletromagnética dentro de uma câmara anecoica nas dependências do LIT. Acima do veículo, há uma antena que gera sinais de radiofrequência, bombardeando⁶ eletronicamente o veículo sob teste.

1.7.6 Sistemistas

Empresas de tecnologia eletrônica de ponta serão alvo de forte pesquisa para atender às rígidas normas criadas devido a demandas do sistema no rumo da automatização. Radares ultrassensíveis a efeito Doppler⁷, câmeras mono e estéreo, sistemas GPS de alta precisão (± 3 cm), unidades de tecnologias inerciais (IMU), sistemas de visão com detecção de objetos (pedestres, veículos, obstáculos), encoders, eletroválvulas inteligentes, motores elétricos, antenas GPRS, câmeras de vídeo interno e afins serão pormenorizados para atender ao mercado local.

A automação tem contribuído em diversos setores da atividade humana para a construção de equipamentos que visam ao conforto e facilidade para as pessoas. O desenvolvimento da tecnologia dos microprocessadores e microcontroladores impulsionou o estudo de robôs móveis, abrindo um grande leque de possibilidades para a utilização de sistemas de computação embarcada (COCOTA JUNIOR, 2005, p.35).

⁶ Termo usado para informar que o sistema/antena está emitindo ondas de rádio no ônibus sob teste.

⁷ Fenômeno físico de movimentos das ondas mecânicas, observado por Johann Christian Andreas Doppler.

Pesquisas avançadas na área de automação estão sendo realizadas em busca de benefícios para uma melhora em transporte de carga, processos de mineração e principalmente voltada ao transporte público de passageiros em grandes metrópoles.

Algumas particularidades dos dispositivos utilizados no sistema como na Figura 2, apresenta que num único radar é capaz de detectar computacionalmente objetos em duas zonas distintas, médio e longo alcance.

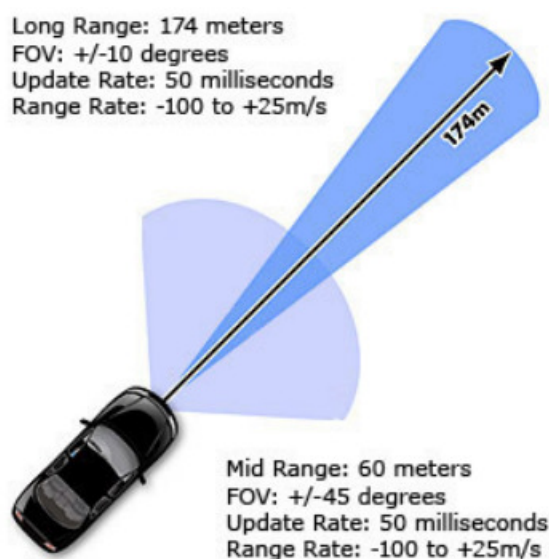


Figura 2 – Espectro do Radar

Fonte - Delphi Automotive

Num veículo autônomo ou pseudoautônomo, sistemas avançados de câmeras e radares são montados em pontos estratégicos do veículo com o intuito de possuir a cobertura máxima na melhor das resoluções, transmitidas para os sistemas em alta velocidade (1Gbps). A precisão e a qualidade das informações transmitidas via CAN propiciarão ao veículo a garantia de um funcionamento seguro ao trafegar.

A seguir está uma lista de possíveis dispositivos montados no veículo sombra ou no ônibus autônomo:

- . uma câmera Estéreo;
- . uma câmera Mono;
- . sete radares do tipo Doppler, com curto e outro de longo alcance;
- . scanners⁸ e dois radares a laser (LIDAR), com curto e outro de longo alcance e
- . um GPS de alta precisão integrada ao dispositivo IMU.

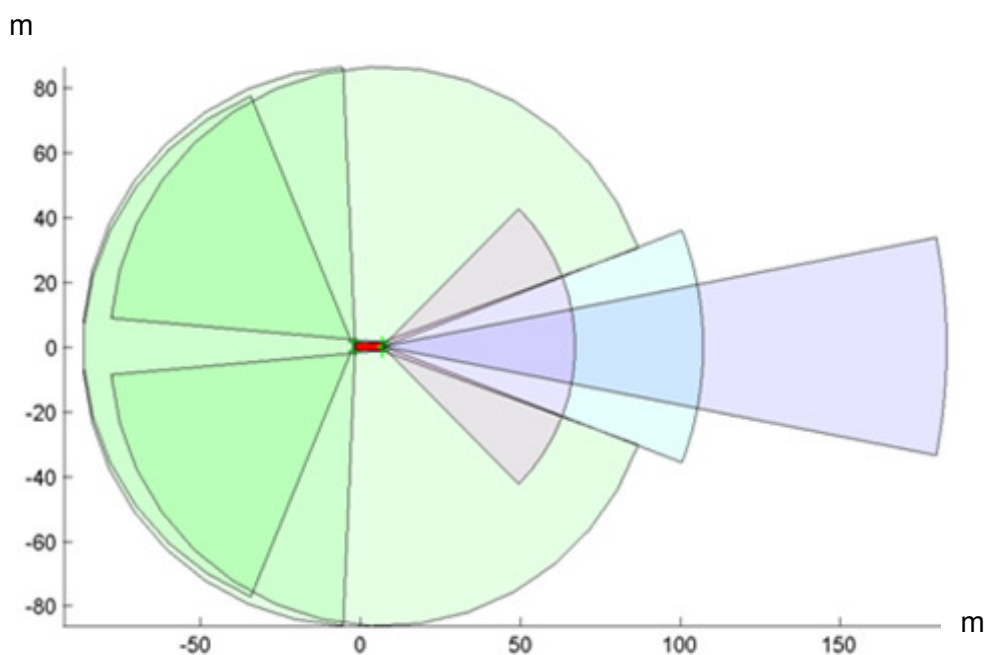


Figura 3 – Espectro dos Radares

Fonte – O Autor

⁸ Termo da língua inglesa que significa sondar, explorar.

Observa-se, na Figura 3, que o veículo representado pelo retângulo em vermelho, situado ao centro da ilustração, com sua parte frontal voltada para a direita, consegue cobrir eletronicamente 360°, isto é, uma visão completa ao seu redor mediante ao somatório de radares e câmeras instalados.

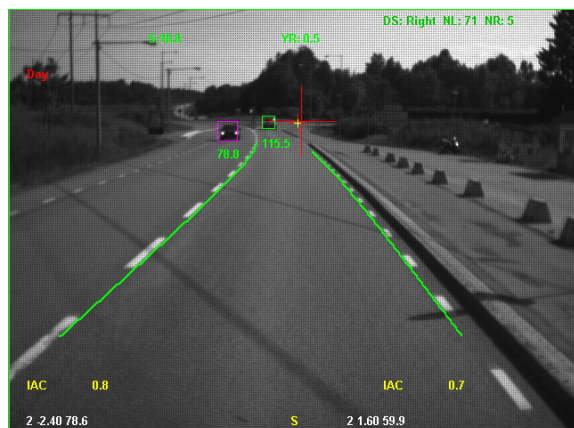
Um sistema de fusão sensorial permite que o veículo continue operando normalmente mesmo sob falta de um sensor. Isto porque as informações de todos os sensores são fundidas em uma única informação com máxima qualidade. Quanto há erro em algum dos sensores com a perda de seus dados, o sistema de fusão recalcula os dados de forma a manter a integridade informação, agora com uma pequena queda na sua qualidade, mas que ainda permite que o sistema opere com segurança. um grau ainda maior de processamento dos dados em operação. Novas estratégias de validação e operação serão também ativadas para manter o mesmo padrão de dirigibilidade segura.

Na Figura 4, apresenta-se a ECU do radar utilizado na montagem da Figura 12.



Figura 4 – Módulo do Radar

Fonte - Delphi Automotive



Figuras 5 e 6 – Visões da Câmera

Fonte - TRW Automotive/Scania CV AB

Observa-se na Figura 5, a precisão do sistema, indicando as distâncias dos dois veículos em metros vindos no sentido contrário, com base ao veículo em que está montada a câmera.

E na Figura 6, a identificação da faixa não contínua representada pela cor verde, à esquerda, e pela faixa contínua à direita, mostrando assim o grau de “percepção e precisão” do sistema.



Figura 7 – Módulo da Câmera Mono

Fonte - TRW Automotive/Scania CV AB

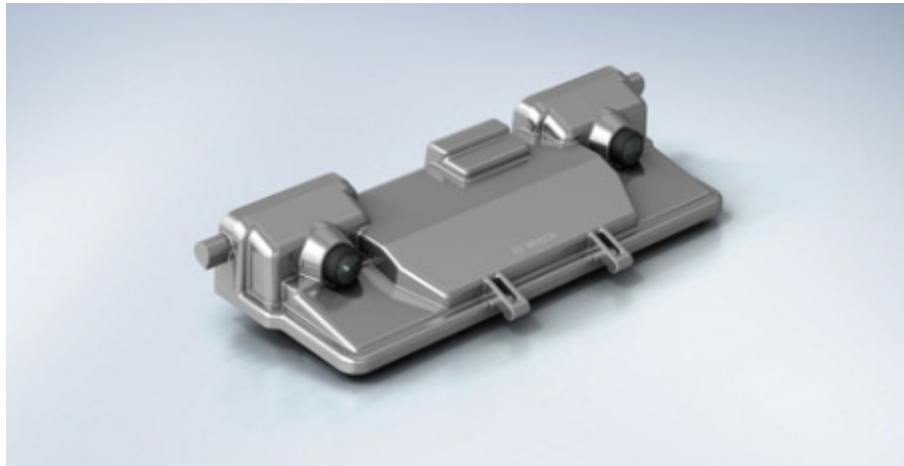


Figura 8 – Módulo da Câmera Estéreo

Fonte - Robert Bosch GmbH

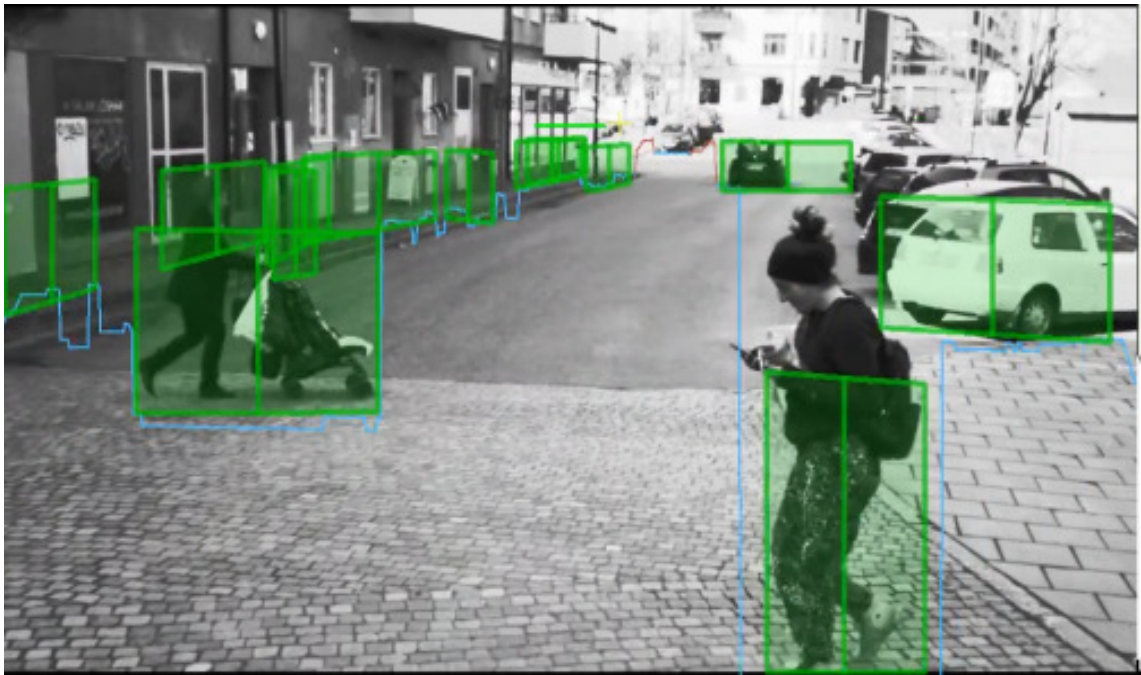


Figura 9 – Visão da Câmera Estéreo

Fonte - Internet

A figura 9, apresenta uma visão extraída da câmera, no entanto o sistema a interpreta na forma tridimensional, como observado no exemplo em que tanto as duas pessoas quanto os

dois automóveis possuem dois retângulos verdes. Um deles indica a que distância o objeto se encontra da referência; no outro retângulo encostado, informa qual o tamanho desse objeto em sua profundidade, por fim calcula-se qual a velocidade e em que sentido se movimentam.

Como todo novo produto, em sua fase inicial de produção, os dispositivos preliminares têm um preço elevado, mesmo aqueles que já estão disponíveis no mercado europeu. Esse fato explica a demanda baixa pelo mercado consumidor.

Importar toda a tecnologia de módulos eletrônicos, juntamente com todo um pacote de garantia, suporte/atendimento, assistência técnica, logística de peças e rede de distribuição de peças, tem um custo razoavelmente elevado, de início, esse aspecto será abordado em detalhes posteriormente.

A figura 10, apresenta um exemplo similar ao da Figura 9, porém esta figura indica que a imagem já está incorporada ao sistema do veículo, bem como já disponibilizada num monitor inteligente acoplado ao painel de instrumentos.



Figura 10 – Visão da Câmera

Fonte - Scania CV AB

Uma outra maneira de visualizar esta mesma pessoa é apresentada pela Figura 11, porém o que se observa é uma imagem digital enriquecida de informações que serão parte integrante de um algoritmo instalado nas respectivas ECUs, para a tomada de determinadas ações que o

veículo tem que realizar, como por exemplo, uma frenagem abrupta associada a um sinal de alerta sonoro externo se necessário.

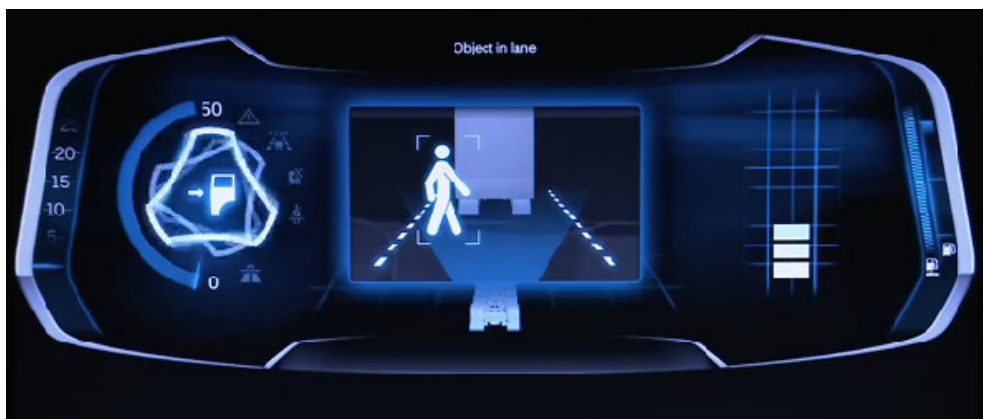


Figura 11 – Visão digital do pedestre

Fonte - Scania CV AB

Constata-se que de todos os sistemas citados neste sub-item, a eletrônica (HW⁹ & SW¹⁰) é parte integrante de todos eles e, por conseguinte, aliada a todo universo mecânico existente no chassi, esse é um dos princípios para a formação da automação veicular comercial.

Tais sistemas embarcados utilizam sistemas de computação com propósitos específicos em termos de software e, geralmente em termos de hardware utilizam microprocessadores como parte de uma máquina ou de um sistema mais amplo. Seus requisitos incluem reação e eventos externos em tempo real adaptando restrições de tamanho e peso, aspectos de confiabilidade e segurança segundo comenta SILVA (2001, p 12).

⁹ Termo da língua inglesa que significa, parte física de um computador, composto de componentes eletrônicos

¹⁰ Termo da língua inglesa que significa, sequência de linhas de comandos que compõem um programa.

1.7.7 Público Usuário

A necessidade de pesquisa em campo tem o intuito de verificar o impacto quanto à implantação do novo sistema para comparar as condições atuais e confirmar as razões de ter um transporte que exceda as expectativas com um serviço de melhor qualidade.

Esta pesquisa será aberta junto a usuários de uma determinada linha, na qual perguntas-chaves serão feitas sobre: respeito dos horários, tempo de espera na parada, tempo do trajeto, segurança e conforto dentro do ônibus ao viajar em pé ou sentado dentre outras.

Os dados obtidos na pesquisa foram retirados de portais da Internet, que relatam o índice de satisfação do usuário quanto ao serviço oferecido.

A revista Carta Capital publicou em 2014 um noticiário sobre as reclamações principais dos usuários de transporte coletivo nas grandes cidades, pela Agência Brasil:

De acordo com um levantamento solicitado pela Agência Brasil na semana passada, a maior causa de insatisfação entre os usuários que procuraram a SPTrans é o tempo de espera por ônibus de determinadas linhas, o que motivou 39.765 reclamações.

... motoristas não atenderam ao pedido de embarque e desembarque de passageiros (24.243); motoristas que dirigem de forma perigosa (12.577) ou que tem algum outro tipo de conduta inadequada (11.116).

O atraso ou cancelamento de viagens motivou 5.966 reclamações. Três dos quatro itens que se seguem também refletem a conduta de motoristas e cobradores: destratar usuário (4.504); não esperar até que o passageiro tenha embarcado ou desembarcado (3.351); superlotação (3.133)...

Vale salientar algumas metrópoles como Curitiba, que se destacou por vários anos como cidade modelo em transporte público e também como piloto para novos projetos e soluções. As autoridades públicas enfrentaram a questão de maneira eficaz, conforme resultados obtidos de elevados índices de satisfação, comprovando de maneira geral uma maior qualidade de vida percebida pelos cidadãos da metrópole.

Mas, a cidade de Curitiba cresceu quase três vezes em seu número de habitantes nos últimos vinte anos e atualmente o sistema carece de uma grande reestruturação, já que a infraestrutura ficou estagnada nesse mesmo período.

A insatisfação da população com o transporte coletivo nas cidades brasileiras não é uma questão recente. É notório o tamanho dos congestionamentos nos horários de pico, em parte devido a precariedade do serviço prestado e na elevada taxa de utilização dos serviços de transporte coletivo.

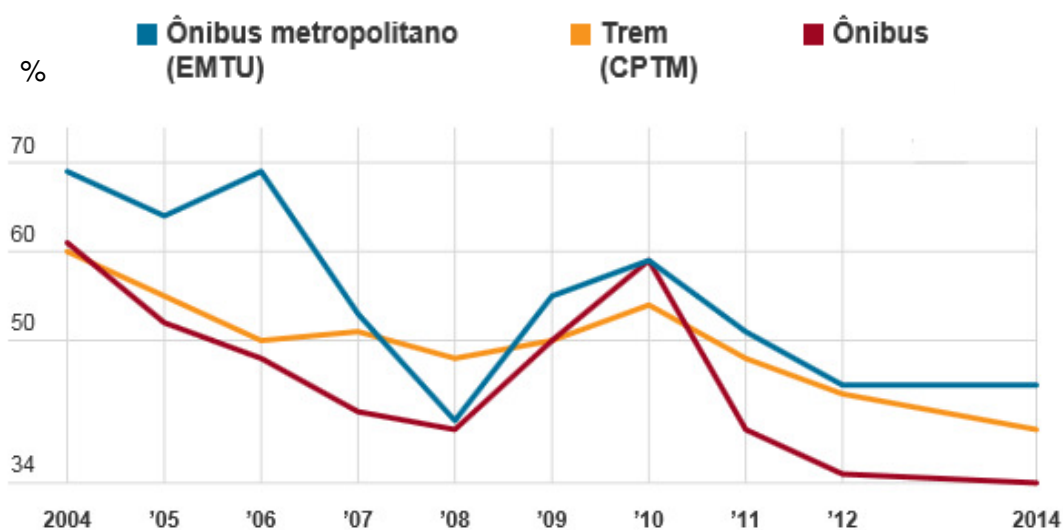
Pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em 2011 e 2012, relativas ao transporte público revelaram um quadro negativo, com avaliações classificadas como “péssimas ou ruins” ultrapassando os 60%.

De acordo com a matéria publicada no Jornal Folha de São Paulo por André Monteiro (2015), os meios de transporte público na capital alcançam seu pior índice de satisfação em uma década.

A demanda por transporte público vem crescendo mais que a oferta, agravando a espera, superlotação e a insatisfação dos usuários. Mesmo com o crescente aumento de carros de passeio particulares a transportar apenas uma pessoa, é sabido que outra grande parcela da população que não tem essa facilidade, depende unicamente desses meios de transporte.

Tabela 1 – Avaliações Excelente/bom em %

Fonte : ANTP



Na Tabela 1, percebe-se nitidamente a abrupta insatisfação dos passageiros de ônibus.

As autoridades responsáveis vislumbram há tempo criar uma solução que atenda a todas as demandas emergenciais de um sistema tão deficitário. Esses tecnocratas, por sua vez, precisam rever seus horizontes e metas e voltar a se reunir com pessoas de fora de seu círculo de atividades profissionais, tais como a própria população, por meio de representantes de sociedades de bairro, comerciantes, escolas e outras organizações não públicas (ONG), para delinearem as melhores soluções para atingir as metas de atendimento das questões de interesse público e assim definir melhor as ações de gestão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A OMS (Organização Mundial de Saúde) informa que “Transporte público de qualidade reduz doenças e mortes”. Carlos Dora (2013), em entrevista concedida à Folha de São Paulo, informa:

Ônibus superlotados, inseguros e atrasados, que são uma realidade de São Paulo, também estressam as pessoas...Certamente essas situações não fazem bem à saúde. O que sabemos é que, se o cidadão tiver à disposição ônibus e metrô eficiente e com custo acessível, é mais vantajoso deixar o carro em casa. E isso tem impacto direto na saúde pública. A prevenção de muitas doenças do século 21 [cardiovasculares, respiratórias, diabetes, obesidade etc.] pode ser lograda por medidas de transporte e também de planejamento do espaço urbano. Os governos precisam criar alternativas de transporte público de qualidade e eficiente, assim como espaço seguro para pedestre e para ciclistas. É preciso ter a noção de que ao privilegiar o carro se está desprivilegiando as demais alternativas e que isso tem um custo social.

Outro conteúdo de grande expressão foi abordado pelos senhores Everton da Silveira Farias e Denis Boreinstein (2013), que referenciam o trabalho acadêmico:

A mobilidade urbana se tornou uma questão internacional, e vários países se uniram em diferentes frentes, tais como a assinatura de acordos internacionais e o desenvolvimento de projetos para estabelecer novos padrões para os níveis de mobilidade e do desenvolvimento de sistemas de transporte para o futuro (FAGIN, 1963). Neste sentido, questões referentes à mobilidade urbana têm tido forte aporte acadêmico na construção de soluções para problemáticas do dia a dia relacionadas a transportes e deslocamentos.

A demanda por um transporte eficiente, seguro e sustentável está latente para a grande parte da população, dos gestores governamentais e demais responsáveis da área. É incontestável que em todos os trabalhos acadêmicos e pertinentes, seja mencionada uma reestruturação dos moldes atuais aplicados, tanto nos veículos e corredores quanto na gestão administrativa das operadoras.

Os parâmetros teóricos concernentes ao assunto abordado nos trabalhos acadêmicos e pelos institutos de pesquisa independentes, sempre evidenciam com clareza o que se encontra na realidade.

Após a leitura de muitos trabalhos que estão disponíveis na mídia eletrônica e/ou catalogados nas bibliotecas das escolas sobre o tema em questão, fica a constatação de que, na maioria das vezes, as soluções apontadas já estão ultrapassadas.

Contradizendo especialistas da área, o Boom¹¹ da informática aliada à eletrônica que alcança todas as esferas de trabalho e organizações talvez inimagináveis, ainda está por atender as necessidades dos meios de transporte por meio de uma revolução invisível, silenciosa e totalmente pacífica.

Assim, o referencial teórico e prático apresentado neste trabalho aponta soluções e alternativas que contribuem de forma objetiva e otimista para o aprimoramento do transporte coletivo no Brasil.

3 TECNOLOGIA APLICADA

O comboio formado por dois veículos agindo como se fosse “uma unidade” possui uma vasta e poderosa rede de comunicações entre chassis e carroceria por meio físico (cabos e chicotes), e aéreo (comunicação sem fios) nos quais grande quantidade de dados criptografados¹² estarão transitando entre antenas transmissoras e receptoras.

As ECU's (*Electronic Control Units*), que são os módulos eletrônicos que gerenciam os principais sistemas do veículo, destacam-se pela importância do conjunto Power train¹³ que compõem os módulos do motor EMS (*Engine Management System*) e da caixa de câmbio GMS (*Gearbox Management System*).

O sistema de freio BMS (*Brake Management System*) numa versão mais avançada chama-se de AEB (*Advanced Emergency Brake*). Um sistema já utilizado na Europa chamado LDW (*Lane Departure Warning*) que por meio de uma câmera (Figuras 12 e 13) “observam e leem” as faixas que delimitam as vias bem como os pedestres e os demais objetos à frente.

¹¹ Termo em inglês que significa Desenvolvimento acelerado de uma determinada atividade econômica

¹² Termo usado na informática que significa, envio de mensagens embaralhadas para aumentar a sua segurança.

¹³ Termo em inglês que significa Trem de força, composto pelo motor e caixa de transmissão.

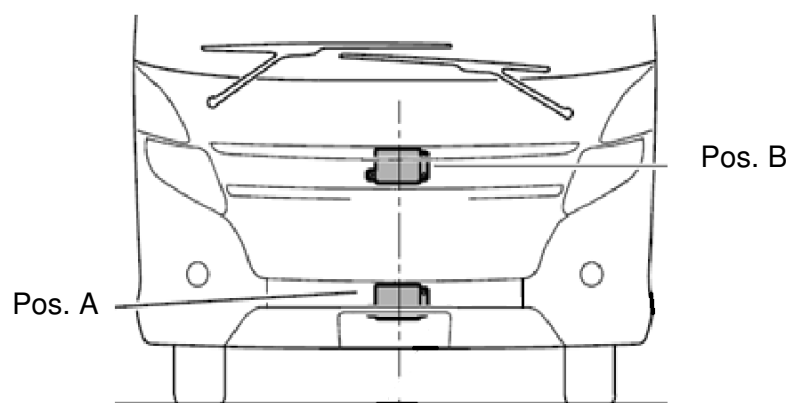


Figura 12 – Posicionamento do Radar no Ônibus

Fonte - Scania CV AB

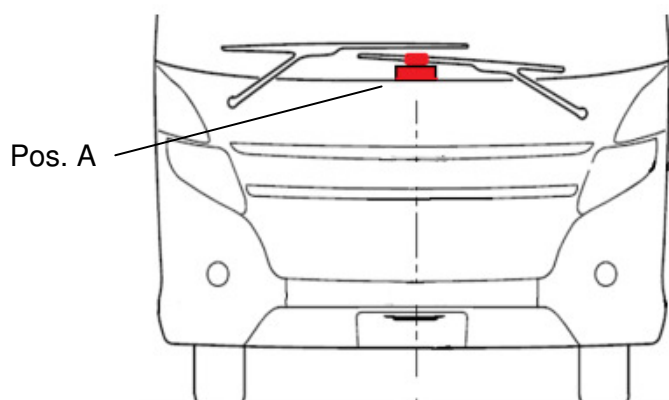


Figura 13 – Posicionamento da Câmera

Fonte - Scania CV AB

Na Figura 13, é indicada a montagem da câmera de vídeo que fica atrás do vidro frontal chamado de parabrisa, montado pelo encarroçador.

Num veículo desse porte, cuja quantidade de ECUs pode ultrapassar facilmente vinte módulos, uma via de comunicação de dados de alta importância e prioritária, se destaca dentre as outras, o conjunto Powertrain e o sistema de freios se comunicam via CAN a uma

velocidade de 500Kbps¹⁴. A utilização da rede Ethernet se faz necessária entre os módulos que gerenciam os dados das câmeras e radares visto que tratam de transferência de imagens de alta precisão e essenciais em forma de dados, e estes demandam trafegar numa velocidade ainda superior (1Gbps¹⁵).

O TCO (cronotacógrafo) faz parte integrante do veículo, é a fonte primária da velocidade do veículo. Com o GPS, obtém-se a localização em latitude e longitude do veículo com uma margem de erro muito pequena, além de ser a segunda fonte de velocidade.

Um sistema de radar de tecnologia avançada montado no veículo traseiro, já empregado em veículos comerciais na Europa, utiliza ondas de rádio para determinar a distância do veículo à frente, sua aceleração e velocidade relativa.

Um sistema chamado de ACC (*Adaptative Cruise Control*) observa constantemente a distância física em relação ao veículo da frente (estrutura metálica traseira) e aciona os sistemas de freios caso o veículo da frente venha a reduzir a velocidade ou parar por completo. Esse sistema tem como sensor principal o radar, montado nas imediações do para-choque dianteiro conforme se observa na Figura 6, tanto nas posições A ou B, e de acordo com a disponibilidade de espaço deixada pelos encarroçadores. O freio convencional de comando pneumático que atua diretamente nas rodas, aliado a um freio auxiliar, chamado Retarder, baseado em princípios hidráulicos, que “comprime” a passagem do óleo entre as engrenagens da transmissão, faz reduzir a velocidade de saída e atua diretamente na frenagem do eixo motriz (cardan principal).

Um sistema de freio motor chamado EXB (*Exhaust Brake Control*) é inserido na tubulação do sistema de escape de gases do motor. Um sistema de borboleta metálica dentro desse tubo é comandada eletronicamente pela ECU EMS. Uma outra forma de freio é a redução natural das marchas com a redução da velocidade, pois a caixa de câmbio montada nessa aplicação é uma versão automática com seis marchas.

O processo de aceleração do veículo traseiro se fará automaticamente assim que o sistema interpretar que o veículo da frente se movimentou. Dados de velocidade, rotação e torque do motor, marcha engrenada com todo um pacote de *software* avançado, analisam constantemente os dados e tomam as devidas ações para manter os veículos numa distância segura. Sendo a distância muito pequena, entre cinco a sete metros, obtém-se uma redução da resistência do ar, tanto no veículo traseiro quanto no dianteiro, e conseqüentemente, a diminuição do consumo de combustível em ambos os veículos.

Foram realizadas simulações em pista de teste de uma montadora de caminhões, na Europa, e os resultados apresentados foram bem satisfatórios. Foram utilizados dois caminhões com

¹⁴ Kbps significa unidade de velocidade na transmissão de dados igual a um mil bits por segundo.

¹⁵ Gbps significa unidade de velocidade na transmissão de dados igual a um bilhão de bits por segundo.

trailer/carreta acoplados em uma pista reta a uma velocidade constante com um gap¹⁶ de 0,5s a 1s. Obteve-se uma redução de consumo de combustível na ordem de 3% para o veículo da frente a praticamente 20% para o traseiro.

A Tabela 2 apresenta estes resultados obtidos em caminhões que poderão se assemelhar aos dos ônibus, pois o formato traseiro do trailer assemelha-se ao formato traseiro do ônibus. Testes em ônibus deverão ser considerados posteriormente.

Tabela 2 – Redução do consumo de combustível

Tempo/gap (s)	0,5	1
Ônibus dianteiro	3,1%	2,0%
Ônibus traseiro	19,0%	17,1%

Fonte - Nilsson, 2012, pg.47

Outra vantagem tão importante quanto a do consumo é a acentuada redução de poluentes emitidos com índices próximos de 20%. Essa redução vai ao encontro da nova política da prefeitura da cidade de São Paulo, que até 2018 nenhum ônibus deverá emitir gases que aumentem o efeito estufa e que afetam a camada de ozônio. Tema que tange o uso dos combustíveis fósseis que serão praticamente abolidos nos meios de transporte dentro da cidade.

Através da comunicação sem fio, uma plataforma de dados chamado V2V (*Vehicle to Vehicle Communication*) ou nível 1, é estabelecida entre ambos os ônibus. Nesse comboio o veículo a frente será interpretado como mestre¹⁷ e os demais como escravo¹⁸.

¹⁶ Termo em Inglês que significa intervalo de tempo ou distância.

¹⁷ Termo que na linguagem eletrônica significa sistema principal, primário ou líder, e tem o poder de atuação sobre os demais.

¹⁸ Termo que na linguagem eletrônica significa sistema secundário ou passivo, e que atua sob a demanda das informações orientadas pelo líder.



Figura 14 – V2V

Fonte - Scania CV AB

Na figura 14, observa-se uma interação animada entre dois ônibus intermunicipais (rodoviário misto com urbano) que seguem trafegando por uma estrada. Logo atrás um terceiro ônibus vindo de uma outra via e que se aproxima para fazer parte do comboio.

Outro aliado da redução do consumo de combustível é a instalação do sistema KERS – Kinetic Energy Recovery System que recupera a energia gasta nas frenagens e as converte em energia elétrica que será acumulada em baterias. Tal evento decorre da existência de geradores elétricos acoplados aos sistemas de freio que geram energia “extra” ao sistema acumulativo, que posteriormene são utilizadas nos momentos das arrancadas, devolvendo ao eixo motriz a energia acumulada, sem a utilização do motor Diesel. Essa aplicação para ônibus urbanos cuja quantidade de paradas em semáforos é de grande número, o sistema contribuirá muito para reduzir a emissão de poluentes.

Estudos recentes efetuados em caminhões de uma montadora europeia revelam que a economia gerada pelo uso desta alternativa pode chegar a 20% na ecônomia de Diesel.

Um sistema eletrônico instalado em ambos os chassis dos ônibus chamado de WCS (*Weight Control System*), monitora o peso em determinados instantes, isto é, um valor em quilos é convertido de acordo com o número de pessoas, tomando como referência a média de 75kg por pessoa

Esse sistema identificará se o ônibus está acima da carga técnica permitida pela lei do PBT (Peso Bruto Total). Caso um dos veículos esteja acima desse valor, uma informação é enviada imediatamente para a central de comando da operadora e o sistema adicionará um ônibus extra ao corredor. Segue uma ilustração do módulo que controla o sistema de peso.



Figura 15 – Módulo de Controle de Peso

Fonte - Scania CV AB/Daxta Equipamentos Eletrônicos

No veículo que excedeu o peso, uma indicação visual e sonora no painel de instrumentos será mostrada para o motorista que poderá tomar ações como não permitir a entrada de mais passageiros. Assim o sistema alertará automaticamente aos usuários com intenção de adentrar no ônibus, para que se dirijam ao veículo com disponibilidade de vagas ou, vice versa, caso ocorra com o veículo sem motorista, que também estará equipado com o mesmo sistema.

Em caso de ambos os veículos estarem acima do peso estipulado pelas autoridades ou pela especificação de máxima carga técnica do fabricante, poderá ocorrer que, em determinadas paradas, caso não haja demanda de usuários a descer do coletivo, o comboio não fará sua parada no próximo ponto. Somente quando os usuários queiram descer e/ou a condição de limite de peso volte ao normal é que o comboio voltará a parar.

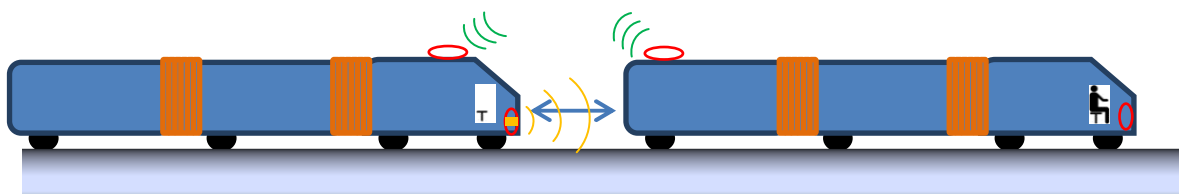


Figura 16 – Plataforma V2V (Nível 1)

Fonte - O Autor

Na configuração da Figura 16 chamada de comboio, decorrerá uma situação de efeito muito positivo abordada anteriormente, que é a diminuição de área do impacto frontal de ar que o veículo traseiro tem, isto é, o ônibus da frente “atenua” a área reduzindo a necessidade de menos energia para se movimentar, por conseguinte um menor consumo de combustível.

O mesmo acontece com o veículo dianteiro que por natureza própria geraria uma turbulência natural em sua traseira caso circulasse só. A fluidez do ar nessa área seria desfavorável em termos aerodinâmicos, contudo com a proximidade do ônibus traseiro, esse “turbilhão” também se atenua, fazendo com que o ônibus da frente consuma menos energia para se locomover resultando menos gasto de combustível.

Ensaio realizado em pistas de teste numa montadora europeia de caminhões mostrou que, tanto no veículo de trás quanto no da frente, os resultados aerodinâmicos foram bem satisfatórios quando o intervalo de tempo/espço (gap) diminui, gerando sensível melhora na autonomia energética de ambos os ônibus.

A Figura 17 apresenta a área envolvida do respectivo ganho aerodinâmico e ilustra o primeiro ônibus de uma montadora sueca com motor frontal, dotado de duas articulações e com 28 metros de comprimento, inédito no transporte urbano.

Espera-se que a economia alcançada pela formação em comboio seja muito similar para ônibus, como indicada pela Tabela 2.

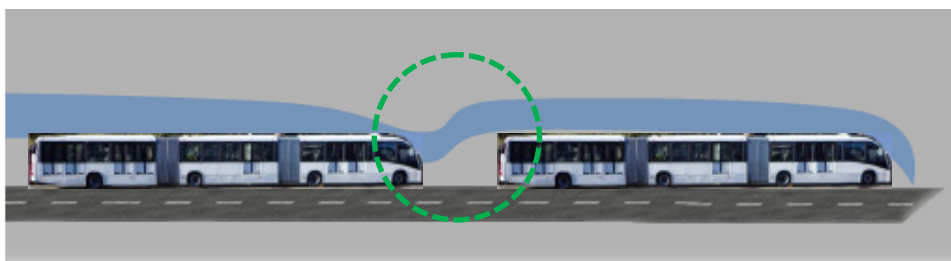


Figura 17 – Impacto Aerodinâmico

Fonte - O Autor/Scania CV AB

A plataforma de comunicação V2I (*Vehicle to Infrastructure*) ou nível 2 será imprescindível para esse tipo de transporte, pois além de fechar a malha da comunicação sem fio entre os dois veículos, resultará em uma segurança extra que a V2V não abrange.

Sistemas embarcados de última geração trarão comodidade ao usuário mediante a consulta de um aplicativo em seu telefone móvel para saber, em tempo real qual a posição do ônibus e também a hora estimada da passagem na parada pesquisada.

A representação da Figura 18 apresenta a estrutura básica dos sistemas V2V e V2I em operação, em que será necessária a instalação de todo o aparato dos sistemas pertinentes à comunicação com o meio externo e com a rede instalada na carroceria. Ao longo do percurso do corredor, sensores instalados na pista, nas respectivas paradas e nos semáforos serão montados para “orientar” o comboio.

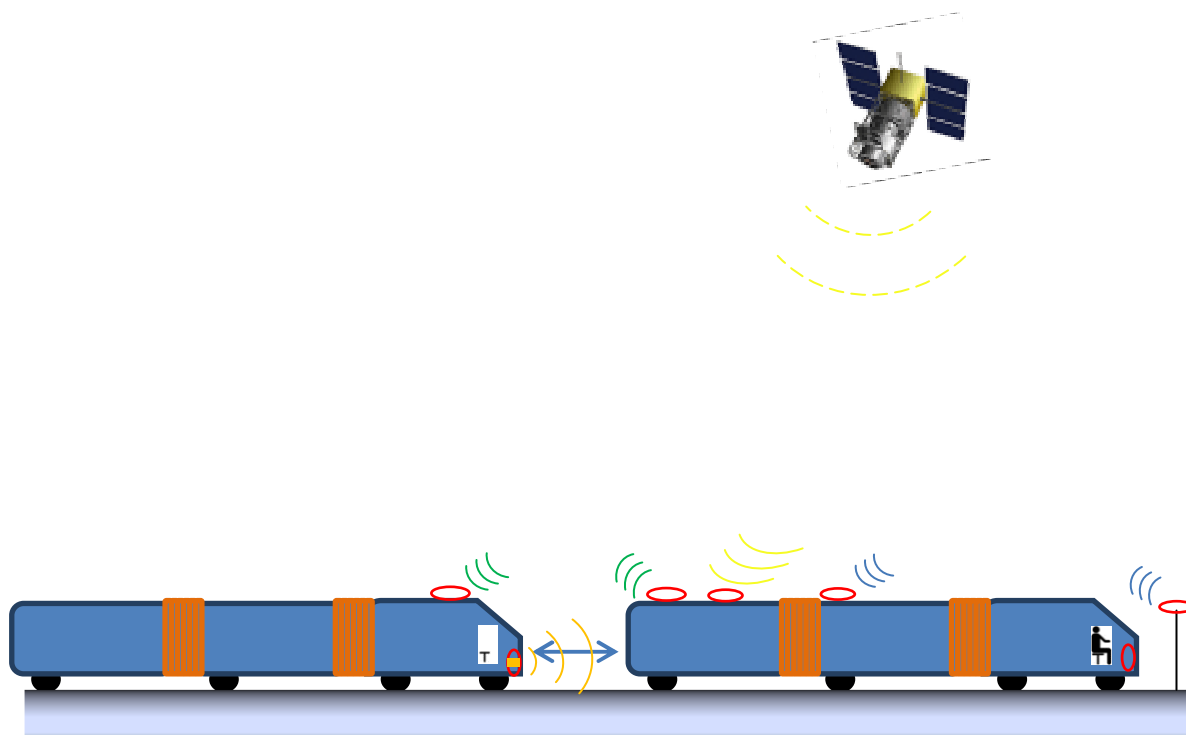


Figura 18 – Plataforma V2I (Nível 2)

FONTE: O Autor

Segue, na nota de rodapé o link¹⁹ (endereço eletrônico) para o acesso a um vídeo animado que retrata uma simulação da interação entre um ônibus urbano e um intercity²⁰, ambos conduzidos por um motorista. É apresenta toda uma série de situações com que deparam numa rotina diária, com todos os benefícios oferecidos pela operação.

Como o áudio está na língua inglesa, segue abaixo o conteúdo principal da mensagem, bem como a tradução das notas de rodapé que aparecem durante a apresentação.

Um veículo urbano transportando pessoas para um terminal de ônibus e que, durante o percurso, já se encontra em comunicação tanto com a operadora quanto com o outro veículo que o aguarda, ao chegar, os passageiros se dirigem com fluidez ao outro ônibus que logo parte sem perda de tempo.

Nota 1. Uma “rede” de ônibus local proporciona mobilidade para as necessidades locais e de rápido acesso as plataformas de acesso para transferência.

Nota 2. A transferência entre os ônibus é feita de uma maneira simples em plataformas adequadas e de fácil acesso.

Passageiros oriundos de outros meios de transporte, como metrô e trens também estão alinhavados em termos de horário de partida e chegada, disponibilidade de veículos, vagas e demais.

Nota 3. Um ônibus rodoviário é preparado a conduzir passageiros até seus destinos finais.

Nota 4. Internamente o ônibus fornece conforto aos passageiros e disponibilidade de acesso a Internet.

Dois ônibus já se encontram conectados eletronicamente e um terceiro irá fazer parte deste comboio. A viagem se fará de uma maneira segura respeitando limites de velocidade e demais requisitos de segurança com uma distância entre eles.

Nota 5. Um ônibus pode trafegar só ou em forma de comboio, reduzindo o consumo de combustível.

Nota 6. Ao se alinharem numa faixa, os mesmos se ajustam para um melhor rendimento.

Nota 7. Diante de um obstáculo, todo o comboio responde aos movimentos do primeiro veículo.

A longo prazo, e dependendo da aplicação, não será mais preciso motoristas para o segundo e terceiro ônibus. Convergingo para o estudo deste trabalho.

Nota 8. Uma única faixa é dedicada para melhorar o fluxo e otimizar a viagem.

¹⁹ Termo da língua inglesa que significa ligação ou conexão: <https://www.youtube.com/watch?v=u7X21nI5YWs>

²⁰ Termo da língua inglesa que significa entre cidades

Nota 9. Num determinado momento, o pantógrafo se move em direção aos fios aéreos condutores para captação de energia.

Caso os ônibus fossem híbridos, suas baterias seriam recarregadas ao mesmo tempo com o suporte dos pantógrafos também.

O veículos estarão sempre alinhados dentro de sua faixa exclusiva, graças aos sensores, cameras e um conjunto de controles para sua estabilidade.

Nota 10. Ao adentrarem numa determinada área, o uso de outra fonte de energia é aplicada automaticamente, no caso as baterias.

Nota 11. Os ônibus podem se mover 100% a energia oriunda das baterias e por consequência reduzir seu ruído ora produzido pelo motor a ciclo Diesel.

Nota 12. Os ônibus podem voltar a usar outra fonte de energia, como biocombustível.

Gás (CNG) e etanol também fazem parte da lista de combustíveis alternativos.

Durante o percurso, um veículo de passeio necessita acessar uma alça de saída que se desvincula naturalmente.

Nota 13. Os ônibus podem facilmente ajustar a distância entre si para que no caso abra um espaço extra para o veículo cruzar o comboio e sair da rodovia.

Nota 14. Sempre que for necessário, o comboio pode se desfazer para dar flexibilidade ao sistema.

O texto acima citado bem como seu vídeo deixa muito evidente o que estamos almejando para um sistema ideal de transporte. Os recursos tecnológicos já estão disponíveis com determinadas ressalvas para nos favorecer com todos seus benefícios.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A estrutura viária da cidade de São Paulo, por exemplo, foi criada e concebida basicamente para o transporte individual. Os grandes projetos de ordem pública pensados para transporte coletivo começaram timidamente na década de 20, quando ônibus e bondes importados começavam a formar a rede do transporte público municipal, gerida posteriormente pela CMTC (Companhia Municipal de Transportes Coletivos).

As metrópoles brasileiras modernizaram o transporte público, seguindo tendências como as de Curitiba que implantou com muito sucesso o sistema de corredores exclusivos tipo BRT e também algumas cidades da América Latina como Bogotá – Colômbia, com o projeto TransMilenio²¹.

Diante da grande densidade demográfica em certos bairros, os corredores dedicados a ônibus exclusivos ou não, tornaram-se uma necessidade. A demanda pelo transporte coletivo é latente. De um momento para outro, certa região poderá necessitar de um novo corredor com novos veículos, terminais, operadoras e toda a estrutura para seu funcionamento. Não dá mais para esperar, precisamos de gestão e ação mais estratégica para mitigar os impactos negativos na protelação de projetos de implantação de sistemas mais inteligentes de transporte coletivo.

O transporte coletivo feito pelo Metrô, por meio de vários vagões, desloca uma quantidade maior de passageiros que um ônibus biarticulado, por exemplo, que contém três vagões pequenos. Isso torna o transporte subterrâneo mais eficiente pois numa parada/estação a composição completa pode absorver aproximadamente 2000 passageiros. Número superior aos 300 passageiros admitidos em por um ônibus biarticulado. Porém, se for considerado no transporte um veículo, conforme é apresentado a Figura 18, a quantidade de passageiros pode chegar a 600, o que proporciona uma melhor eficiência do sistema de transporte.

Para se ter o sistema de comboio ser implantado, conforme foi mencionado nos itens: 1.6.7 e 3, a partir da tecnologia atualmente disponível no mercado, haverá muito a aperfeiçoar para atender às especificações e viabilidade técnica indicadas. Existe a necessidade da construção de novas plataformas de embarque com vias inteligentes interligadas e com os veículos utilizando uma rede de comunicação sem fios.

Esses sistemas eletrônicos já são comercializados na Europa e Estados Unidos e são destinados a uma aplicação diferente da necessária ao Brasil, e a um custo elevado para as montadoras. Os sistemistas que atuam na área eletrônica embarcada e as montadoras que atuam no Brasil terão de investir em novas capacitações e em novas linhas de produção que ora apenas existem em suas matrizes.

²¹ TransMilenio é o gestor do transporte público da cidade de Bogotá.

O Governo Federal, por meio do programa Inovar-Auto, busca incentivar as indústrias automobilísticas, fornecedores OEM²² a investir em pesquisa e desenvolvimento em seus parques fabris no Brasil. Esse investimento local, ajudará toda a cadeia que vai desde o fornecimento da matéria prima até o produto final. Tal benefício trará a redução e a manutenção do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) de todas as indústrias envolvidas.

Considerando que vários segmentos do ramo automotivo terão que dispor de muito empenho em conjunto, gerenciados por entidades competentes, acredita-se que em um prazo próximo de poucos anos, haverá protótipos começando a rodar em fase de testes no Brasil.

Entidades públicas, responsáveis da viabilidade estrutural, pela criação de portarias, regulamentações e afins necessitam de um prazo maior para arquitetar o plano estratégico adequado.

Importante ressaltar que, nos dias de hoje, este projeto teria sua relação custo x benefício não tão atraente devido aos elevados custos envolvidos no desenvolvimento e no tempo necessário para sua implantação. Porém, é necessário considerar que o investimento inicial, será compensado ao longo da vida útil do veículo, por não ter os custos relacionados ao motorista e talvez nem cobrador, dependendo da configuração interna dos ônibus com todos os seus encargos trabalhistas. Sua autonomia trará benefícios no consumo de combustível pois sua direção, movimentos de arrancada e frenagem, comandos de troca de marcha serão comandados pelos sistemas de gerenciamento eletrônicos (EMS e GMS). Estes sistemas visam melhorar consideravelmente o desempenho de operação das ECUs que atuam no Powertrain visando extrair o melhor rendimento deste conjunto. Além disso a produção em grande escala tende a reduzir o preço destes sistemas para as montadoras e consequentemente para o consumidor final.

O Brasil será palco de muitos investimentos tecnológicos devido aos programas e incentivos fiscais que o Governo Federal oferece e espera-se que num futuro próximo, os órgãos como Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação ou secretarias competentes dos estados, criem mecanismos capazes de impulsionar projetos similares, cujos propósitos fundamentais sejam a melhora da qualidade de vida da população brasileira.

O tempo de introdução de novas plataformas modulares mundiais de veículos comerciais e seus novos sistemas estão cada vez mais curtos, e atualmente estão em torno de um a dois anos. Sendo assim, estes recursos tecnológicos certamente chegarão as nossas cidades em breve. Porém, se anteciparmos as pesquisas, criando pequenos centros tecnológicos principalmente nas montadoras, teremos algo de mais concreto associado a realidade do Brasil, e podemos até despontar neste nicho como uma referência mundial.

²² Termo em inglês que significa *Original Equipment Manufacturer* ou Fabricante de Equipamentos Originais.

Um outro cenário não raro nas cidades brasileiras é o da paralização de profissionais que atuam na área do transporte público por meio de manifestações e greves. Situação muito constrangedora a que os usuários são submetidos. E na maioria das paralizações, motoristas e cobradores ficam de “braços cruzados”.

Observando através dos meios de comunicação pela internet, é possível deduzir que o custo financeiro de um motorista em algumas cidades pode chegar a 70% da receita operacional de uma empresa. Uma das práticas empregadas pelas companhias de transporte é a redução da frequência de ônibus nas linhas ditas deficitárias, aumentando dessa forma o tempo de permanência das pessoas nas paradas dos ônibus.

Nesse caso, com a implantação de um ônibus totalmente autônomo, o serviço para a população não seria afetado.

Grandes empresas de transporte da Europa já estão com estudos avançados em relação ao ônibus autônomo. Um projeto piloto numa empresa de ônibus que atende um aeroporto internacional, da cidade de Bruxelas Zaventem, já está em testes e sua meta está bem explicada no texto que segue compilado por uma empresa autônoma chamada CityMobil2. Porém, traduzido e compactado pelo autor deste trabalho:

A tecnologia embarcada no modelo de ônibus apresentado fará parte de um novo conceito em transportes ainda em desenvolvimento e aperfeiçoamento pelas montadoras europeias.

O carro robótico, carro sem motorista ou veículo autônomo são nomes dados a um tipo de veículo de transporte, de passageiros ou bens dotado de um sistema de controle computacional que integra um conjunto de sensores e atuadores com a função de, a partir de uma missão inicial (local para onde ir) estabelecida pelo usuário, navega de forma autônoma e segura sobre a superfície terrestre (Ozguner et al., 2007).

No âmbito de um projeto-piloto, na região dos Flandres, o operador de transporte público De Lijn e o aeroporto de Bruxelas estão unindo forças para introduzir soluções automatizadas para o transporte de passageiros de e para o aeroporto da capital belga. Os primeiros veículos sem condutor irão iniciar suas operações em 2018. A organização anunciou que ônibus sem motorista serão implementados em 2018, a fim de contribuir para o transporte de alguns dos 60.000 passageiros diários e 20.000 funcionários de e para o aeroporto e também dentro do aeroporto. Os objetivos das organizações envolvidas é transportar 250 passageiros por hora. Os transportes automatizados são, portanto, visto como uma oferta complementar às principais soluções de transporte existentes. A opção automatizada é encarada como um serviço rentável e acessível para completar a chamada "última milha". No momento, os parceiros estão a considerar as melhores opções para o sistema. O nome das empresas envolvidas será anunciado em meados de 2016 e os ônibus automatizados são esperados para operar em estradas públicas de e para o aeroporto e nas estradas internas do aeroporto a partir de 2018.

A tecnologia embarcada no modelo de ônibus apresentado fará parte de um novo conceito em transportes ainda em desenvolvimento e aperfeiçoamento pelas montadoras europeias.

O carro robótico, carro sem motorista ou veículo autônomo são nomes dados a um tipo de veículo de transporte, de passageiros ou bens dotado de um sistema de controle

computacional que integra um conjunto de sensores e atuadores com a função de, a partir de uma missão inicial (local para onde ir) estabelecida pelo usuário, navega de forma autônoma e segura sobre a superfície terrestre (Ozguner et al., 2007).

Dada a existência do sistema, na Figura 19, segue um esboço simples de como seria o funcionamento básico deste sistema.

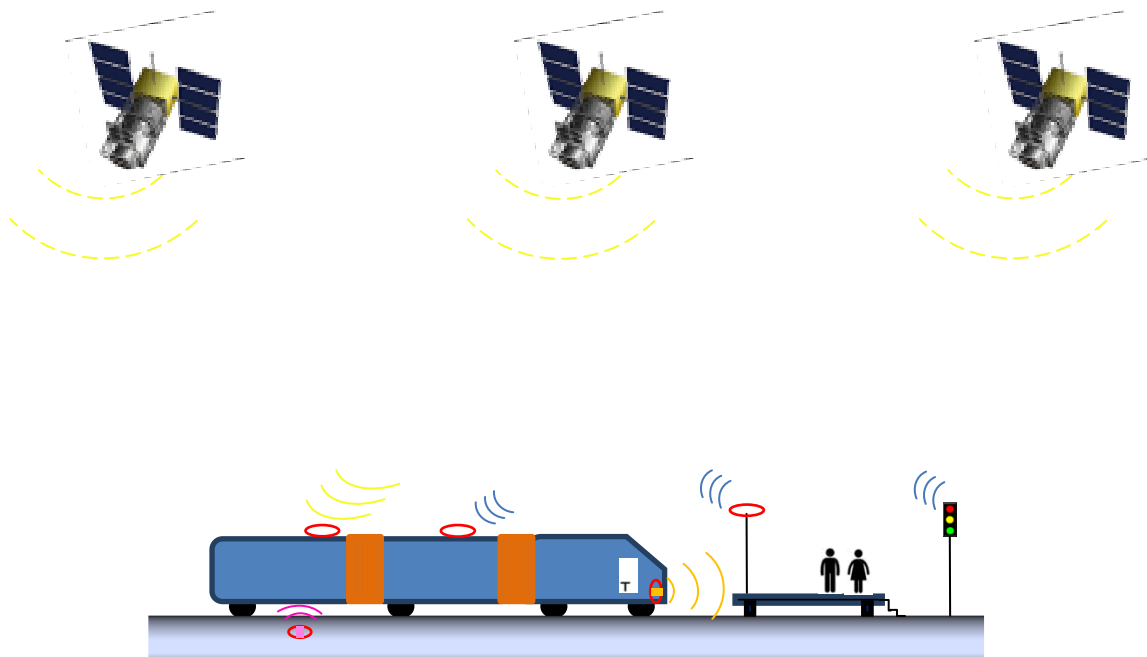


Figura 19 – Ônibus Totalmente Autônomo

Fonte - O Autor



Figuras 20 e 21 – Ônibus Autônomos em operação

Fonte – Connexxion portal (<http://www.connexxion.nl/>)

Na Figura 20, apresenta-se um exemplo de um veículo totalmente robotizado, que vem prestando serviços de traslado interno aos passageiros em conexão no aeroporto de Bruxelas – capital da Bélgica. E na figura 21, apresenta-se um outro ônibus totalmente autônomo utilizado no aeroporto de Schiphol, Amsterdam, capital da Holanda, que oferece seus serviços de traslados entre uma parte de estacionamento de veículos de passeio e uma plataforma de embarque e desembarque, alcançando uma velocidade próxima de 25km/h.

Para os céticos da eletrônica embarcada e na automação completa destes veículos, muitas barreiras devem ser transpostas, isto é, exaustivos ensaios de ordem dinâmica, simulações em laboratório de integração de sistemas eletroeletrônicos onde condições adversas e extremas são testadas e um plano de rodagem para adquirir kilometragem, com intuito de provar na teoria e na prática a eficácia do sistema aliada a total segurança ao rodar.

Inusitadamente, dias após sua inauguração, um acidente ocorrido em 2005, sem prejuízos de vidas humanas, pôs um ponto de interrogação na segurança e viabilidade do sistema, onde em uma ponte de uma única via os dois veículos se chocaram de frente, conforme a Figura 21 ilustra, relatado pelo correspondente Sr. Arthur. Não se obteve informação sobre as causas do acidente.

Uma questão a ser abordada com muita cautela por parte das empresas, entidades, sistemistas e governos, é a responsabilidade diante de uma situação insólita como a ocorrida no aeroporto. Especialistas das áreas das fabricantes, seguradoras e advogados especializados no assunto deverão se reunir para regulamentar leis que não tendencie facilidades a nenhuma parte.

Como todo projeto bem feito, tem-se um início meio e fim, nesse produto, além de cobrir todas as necessidades técnicas na qual foi concebido, também estará resguardado perante autoridades jurídicas de acordo com as leis vigentes.

O sistema é viável, rentável e seguro, e o operador irá até o ano de 2018 investir e incrementar sua frota, adquirindo mais veículos autônomos para suportar a demanda de 60.000 passageiros e 20 000 empregados por dia.



Figura 22 – Acidente entre dois ônibus autônomos

Fonte – Arthur de Wolf

Elon Musk (2015), CEO da Tesla comenta que nos próximos seis anos, estaremos capazes de alcançar a verdadeira condução autônoma em que seu condutor poderá entrar no carro, ajustar seu destino, ir dormir e acordar em seu destino. Comentário retirado da Nuveen Investments.

Verifica-se que grandes empresas automobilísticas já estão investindo há muitos anos em seus próprios veículos autônomos ou semi autônomos. Muitos destes veículos já estão em operação e com resultados positivos. As barreiras burocráticas, operacionais, conceituais, e de seus elevados custos de investimento inicial estão sendo ultrapassadas numa velocidade admirável.

Empresas como Rio Tinto, desde 2011, adquiriram 150 caminhões da Komatsu, a Google com seu veículo de passeio roda nas estradas de São Francisco, a Tesla informa que em meados de 2015 terá um veículo semiautônomo que possa ser guiado sem interferência humana em 90% de seu uso e a Freightliner Trucks foi o primeiro caminhão habilitado a trafegar no estado de Nevada de forma autônoma.

No Brasil, de um acordo firmado em 2013, ora representado por uma equipe de pesquisadores da USP de São Carlos, pelas faculdades: Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) e pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), juntas em parceria com a Scania Latin America, desenvolveram um veículo semiautônomo. Obteve-se assim este grande marco tecnológico brasileiro que visa além de criar know-how para atender demandas locais, mas também aproximar a escola das grandes empresas, fomentando a aspiração de um acadêmico em cooperar cientificamente através da prática pelos conhecimentos adquiridos e por outro lado a empresa corrobora com essas oportunidades de trazer resultados concretos e promissores.

Acessando o link seguinte, é possível conferir uma demonstração de experimento como o citado anteriormente: <https://www.youtube.com/watch?v=IES4LrNiPBs>

Para implementar esta tecnologia já conceituada para ônibus, devemos reunir esforços já outrora comentados e solidificar parcerias.

Essa política de criar convênios entre as empresas e escolas, tão almejada por ambos os lados, é de muita importância para a criação de tecnologias genuinamente brasileiras, nacionalização e produção local de sistemas embarcados, com seu devido custo reduzido, a criação de patentes e mais adiante, promover oportunidades aos recém formados ou docentes, de mostrar os resultados profícuos e de consolidar nossa capacidade de desenvolvimento.

Urge que nossas instituições públicas pautem o tema e discutam sobre leis que incentivem tal prática, para que não vejamos esse brilho estampado no rosto dos estudantes minguar e desaparecer e por conseguinte buscar oportunidades fora do Brasil.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como abordagem a viabilidade de implantação de ônibus urbanos em forma de comboio e também de maneira autônoma, isto é, sem motorista, principalmente na aplicação em corredores exclusivos.

Diante do universo de entidades investigadas, em algumas não se obteve êxito em coletar dados. As informações das empresas que contribuíram foram satisfatórias para trabalhar e desenvolver o tema. Todos os elementos conceituais, pesquisas e informações juntamente com minha experiência profissional foram determinantes para construção e estruturação deste trabalho.

A tarefa de investigação virtual (Internet), levou-me a uma experiência extracurricular relevante, pois uma nova visão de transporte sustentável diante de projetos pilotos e em certos casos já implantados com sucesso em aeroportos da Europa vieram ao encontro dos objetivos da pesquisa.

Três pilares serão a base para o sucesso do projeto, sendo o primeiro deles uma política pública de investimentos necessários para criar leis, regulamentá-las bem como a implantação do sistema por meio de novas obras viárias e reestruturação de outras. O segundo pilar será formado pela aliança das montadoras de chassis e carroçadoras, comandadas pelos órgãos que lhes competem como Fenabrave, Anfavea e demais. Fóruns, debates, investimentos para adequação das atuais linhas de produção diante de novos produtos, agregando *know how* para as empresas e o país, abrindo oportunidades de criação de novos negócios voltados a tecnologia (HW & SW). O terceiro pilar é entregar para a sociedade, um sistema de transporte de última geração, mais eficiente, seguro, confortável e de vanguarda.

Para a concretização do projeto, é imprescindível que órgãos e entidades competentes das esferas Pública e Privada criem um grupo de estudos que atue consensualmente de forma assertiva para a implantação do projeto. Indispensável será difundir o novo formato de transporte ao usuário por meio dos canais de comunicação da Secretaria Municipal de

Transportes da cidade de São Paulo e pelo Ministério dos Transportes. Considero que esse quesito será um dos maiores obstáculos a ser superado para encontrar um consenso imparcial, dado o envolvimento de que muitas corporações trazem e defendem suas próprias políticas de investimento, acordos cooperativos, sigilos tecnológicos, investimentos e tantos outros, que possivelmente prolongará e talvez entravará o projeto.

A equipe dos dirigentes técnicos que defenderão a implantação do sistema terá que ser muito coesa no envolvimento de todas as partes para um único objetivo. Esta nova empreitada defenderá duramente a criação de linhas de créditos especiais e inovadores a juros atrativos.

A atividade de transportes urbanos público/privado gira em torno de conceitos com foco no ganho financeiro imediato. Na atual conjuntura, observamos que a situação econômica das operadoras e concessionárias está próxima de não ser tão rentável quanto outrora. Alterar o foco de serviços em melhoria da segurança e do conforto não seria a prioridade no momento.

As demandas de novas tecnologias embarcadas em veículos comerciais estão ultimamente atreladas a regulamentações impostas pelo governo como por exemplo: Air Bag, ABS e Proconve P7. É provável que este produto tenha um longo tempo para a adesão em massa pelos empresários, mas a partir do momento em que o sistema por si comprovar sua eficácia, tornar-se-á bastante atrativo. Sem o subsídio do poder público, dificultaria em muito o progresso destes projetos.

6 REFERÊNCIAS

ANDRÉ MONTEIRO (Brasil, São Paulo, Capital). Transporte em São Paulo tem sua pior avaliação em uma década. 2015. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/08/1672207-transporte-em-sao-paulo-tem-sua-pior-avaliacao-em-uma-decada.shtml>. Acesso em 22 ago. 2015.

BRASIL.Ministério das Cidades. 2004. Plano Diretor Participativo: Guia para elaboração pelos municípios e cidadãos. Brasília.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, CXLVII, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em Ago. 2012.

CARLOS DORA (Suíça) (Ed.). Transporte Público de qualidade reduz doenças e mortes. 2013. Entrevista dada ao Jornal Folha de São Paulo a repórter Cláudia Collucci. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/08/1328474-transporte-publico-de-qualidade-reduz-doencas>>. Acesso em 19 ago. 2013.

CARTA CAPITAL (São Paulo) (Org.). Mobilidade Urbana: Qualidade do Transporte Público é Alvo de Milhares de Reclamações. 2014. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br>>. Acesso em 10 mar. 2014.

CITYMOBIL2 (Brussels) (Org.). Automated vehicles at Brussels Airport: Transport Innovation. 2014. Disponível em: <<http://www.citymobil2.eu/en/News-Events/News/Automated-vehicles-at-Brussels-airport/>>. Acesso em 15 ago. 2015

COCOTA JUNIOR, J.A.N. Veículo Mecatrônico Autônomo 1. Mecatrônica Fácil, São Paulo, v.1, nº 22, p. 38-43, jun. 2005.

FARIAS, Everton da Silveira; BORENSTEIN, Denis (Ed.). Mobilidade Urbana e Transporte Público: Modelos e Perspectivas a partir de pesquisa operacional. 2013. XXXVII Encontro da ENPAD. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/evento.php?acao=trabalho&cod_edicao_subsecao=966&cod_evento_edicao=68&cod_edicao_trabalho=16269#self>. Acesso em 11 set. 2013.

MUSK, Elon. Nuveen Asset Management (EUA (Org.), Autonomous Vehicles are Closer Than They Appear. <<http://www.nuveen.com/Home/Documents/Viewer.aspx?fileId=66126>> Acesso em 25 ago 2015

NILSSON, Sanna. Sensor Fusion for Heavy Duty Vehicle Platooning. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Electrical Engineering, Linköpings Universitet, Linköping, 2012.

OZGUNER, U.: Stiller, C e Redmill, K. (2007). Systems for Safety and Autonomous Behaviour in Cars: The DARPA Grand Challenge Experience. Proceedings of IEEE. v.95, n.2, p. 397-412.

PENA, Rodolfo Alves (Ed.). Problemas no Transporte Público. 2013. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/problemas-no-transporte-publico.htm>>. Acesso em 20 ago. 2103.

Rede Brasil Atual. Lei da mobilidade urbana avança ao incentivar transporte público e coletivo. Disponível em <http://www.redebrasilatual.com.br/blogs/desafiosurbanos/2012/01/lei-da-mobilidade-urbana-avanca-ao-incentivar-transporte-publico-e-coletivo>. Acessado em 22 ago 2015

RIBEIRO, Romulo (Ed.). Mobilidade Urbana. 2014. Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/rjcribeiro/mobilidade-urbana-25842659/related=1>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

SILVA, W.J. Tecnologia Java para sistemas embarcados, 2001. 69 f. TCC (Bacharelado em Ciências de Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

WOLF, Denis, USP e Scania desenvolvem caminhão autônomo totalmente produzido no Brasil (2015), por Leandro Alves – Kreab Comunicação. Disponível em: <http://www5.usp.br/95355/usp-e-scania-desenvolvem-caminhao-autonomo-totalmente-produzido-no-brasil/> Acesso em 15 jul 2015

WOLF, Arthur de (Ed.). Driveless robot buses crash. 2005. Disponível em: <<http://www.wolfstad.com/2005/12/driveless-robot-busses-crash/>>. Acesso em 20 ago. 2015