

24

# Computação Brasil

Revista da  
Associação Brasileira  
de Computação



## VEÍCULOS AUTÔNOMOS NÃO TRIPULADOS

Conheça esta nova tecnologia que  
começa a ganhar força mundial.





**Paulo Roberto Faria Costa**  
Presidente da Sociedade Brasileira  
de Computação

## PELO DIÁLOGO PERMANENTE

NESTA ÉPOCA DE INTENSA GLOBALIZAÇÃO, É DEVER DO BRASIL FORTALECER INICIATIVAS QUE ESTABELEÇAM A ESTRATÉGIA DEFINITIVA DO PRÓPRIO MERCADO COMPETITIVO E INOVADOR DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC), SOB PENA DE PERDERER UMA OPORTUNIDADE SEM IGUAL, MOTIVADA PELA ESTABILIDADE POLÍTICA E ECONÔMICA CONQUISTADA NAS ÚLTIMAS DÉCADAS.

### COMO SE ASSOCIAR

Se você deseja participar gratuitamente de SE ASSOCIAR à SBC, entre em contato:

- Estudante (Instituição) R\$ 100,00
- Estudante (Indiv.) R\$ 400,00
- Emprego R\$ 500,00
- Empresário R\$ 1.000,00
- Indivíduo (Físico) R\$ 200,00
- Institucional R\$ 300,00
- Assistente Institucional R\$ 1.000,00
- Assistente Institucional R\$ 2.000,00
- Assistente Institucional A R\$ 4.000,00

A associação à SBC vale pelo ano. Recorreremos a dezembro de 2008 e 2009. Os benefícios oferecidos são para as publicações editadas pela SBC por meio do site [www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br).

**P**or isso, o poder público tem na Sociedade Brasileira de Computação (SBC) uma importante parceira na que se reflete a promoção do diálogo permanente entre a ciência e a pesquisa científica na área de TICs no mercado empresarial – esta última responsável direta por transformar e redefinir o cenário em favor do consumo. Além disso, a SBC está aberta às necessidades sociais de um país continental, sendo uma articuladora de ações eficazes à inclusão digital e um suporte à prestação de serviços técnicos mais qualificados. Recentemente, a SBC completou 35 anos de atividades e para marcar este momento será lançada um livro, organizado pelo Professor Roberto Rigolin, que trata como livro a memória da instituição. O publicação conterá um pouco da história da SBC por meio de artigos escritos pelos presidentes da entidade, ao longo dos anos, informando as conquistas de cada gestão e o contexto do País e da área de ciência e tecnologia no período. A obra será lançada no próximo Congresso da SBC, que será realizado em Brasília (DF), no final de julho.

Também para marcar os 35 anos, a marca da SBC foi atualizada com um novo design. Esse material será usado em todos os meios de comunicação da instituição.

**Boa leitura!**



# Computação Brasil

Revista de  
Inovação, Negócios  
e Tecnologia



[www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)

Caixa Postal 1000  
CEP-05501-070 - Porto Alegre/RS  
Av. Bento Gonçalves, 8.900 - Torre 9 - Bloco 4040 - Sala 09  
Bairro Ipanema - CEP 04.660-000 - Porto Alegre/RS  
Fone: 51 3304.8801 Fax: 51 3304.740  
E-mail: [comunicacao@sbcc.org.br](mailto:comunicacao@sbcc.org.br)

## **Diretoria**

**Presidente** Paulo Roberto Amorim Lanza (SBCC)  
**Vice-presidente** Evaristo Camargo de Aguiar (SBCC)  
**Diretor Administrativo** Evaristo de Aguiar (SBCC)  
**Diretor de Negócios** Carlos Farias (SBCC)  
**Diretor de Eventos e Comunicações Externas** Wilson Soares de Aguiar (SBCC)  
**Diretor de Tecnologia** Marco Antonio Lima (SBCC)  
**Diretor de Publicações** José Roberto Lanza  
**Diretor de Planejamento, Projetos e Gestão** Flávia Costa (SBCC)  
**Diretor de Serviços Regionais** Marcelo Duarte (SBCC)  
**Diretor de Desenvolvimento e Marketing** Flávia Costa (SBCC)  
**Diretor de Relações Institucionais** Evaristo de Aguiar (SBCC)  
**Diretor de Competições Científicas** Ricardo de Oliveira Aguiar (SBCC)  
**Diretor de Cooperação com Sociedade Civil** Maria Lúcia dos Reis de Aguiar (SBCC)  
**Diretor de Afiliação de Empresas** Ivandro José Pfluc (SBCC)  
**Editor Responsável** Evaristo de Aguiar (SBCC)  
**Editor Associado** Evaristo de Aguiar (SBCC)

**Editorias** **colaborador de artigos** José Carlos Monteiro e Fernando Batista  
**Brasil**

**Assessoria de Comunicação** Daniela (SBCC)

Os artigos publicados nesta revista são de responsabilidade dos autores e não representam necessariamente a opinião da SBC.

## **Gerência Editorial do Empreendedor**

Fone: 51 3304.7000 - [manager@empreendedor.com.br](mailto:manager@empreendedor.com.br)  
**Diretor Geral** Carlos Farias  
**Diretor Executivo Editorial** Fernando Cavallari Costa  
**Diretor de Conteúdo** Jamille Fagundes Roberto Aguiar (SBCC)  
**Coordenadora de Publicação e Circulação** Tereza Helena  
**Editoração** Glaura Peiro, Cintiano Lima, Tereza Guilherme Soares, Gisele Machado de Moraes  
**Fotos** Anselmo (SBCC)



---

# Índice


---

6 **Agência BR**

---

7  **Apresentação**  
Visões autorizadas não-rotineadas, perspectivas e desafios.  
Por José-Carlos Malheiros e Raimundo da Silva Barros

---

14  **Veículos autônomos e Defesa Nacional: riscos e desafios em um mundo em transformação**  
Por Alexander Paville

---

28  **Desafios para a Certificação de Veículos Alados Não Tripulados**  
Por João Batista Corrêa e Ricardo Alexandre Varga-Gilmanov

---

30  **INCTREC: Oportunidades de Parceria em PDV em Sistemas Embarcados Críticos**  
Por José-Carlos Malheiros, Flávia Ferraz-Cayres, Rafaela Castro Branco


---

44  **Agência USP e a Inovação dentro do ambiente acadêmico**  
Por Luciano Henrique Ortega e Tiago José Salvador Pagano

---

56 **Tecnologia, Inovação e desafios**

---

67  **Veículo Computacional: Segurança e Comunicação em Veículos Autônomos: Tecnologia, Inovação e Desafios**  
Por José Reynaldo Ferragut Filho, Luciano Gallo, Yara Regina Trezza e Mário Luis Trezza

---

68  **Uso do Produto de Software para Aplicações Críticas**  
Por Sara Giacomini, Edson Cláudio Júnior, Arlindo Zorro e Bruno Braga

---

---

# Índice

- 
- 27  **Redes de Sensores sem fio para o caso-Paradigma de Monitoramento e Controle**  
Por Alex Roschold Pinto e Kátinka Castelo Branco
- 
- 83  **Desafios de Segurança para Veículos Autônomos**  
Por Daniel Fernando Figueira, Fernando Augusto Garcia Moura, Alex Roschold Pinto, Kátinka Castelo Branco
- 
- 93  **Sistemas Alertas no Desenvolvimento de Veículos Autônomos**  
Por Fernando Santos Odeiro
- 
- 97  **Sistemas de Comunicação para veículos-autônomos**  
Por Fábio dos Santos Moura e Bruno Yaji Lima Ribeiro
- 
- 103 **Questões de aplicação**
- 
- 111  **Veículos Autônomos Não Tripulados-Desafios e perspectivas de segurança: Realização ambiental do Estado de São Paulo**  
Por Major FM Lelo Castro Rêgo
- 
- 119  **Uso do VANT na proteção da Amazônia**  
Por Leonardo Martins Gomes
- 
- 129  **Veículos robóticos terrestres autônomos**  
Por Samuel Soares, José Renato, Helder Almeida, Mauro Boyana, Elvira Silva, Lelo Marcelo, Renato Martins, Rafael Cordeiro
- 
- 137  **Veículos Terrestres Autônomos (não tripulados)**  
Por Daniel Fernando Wolf e Fernando Santos Odeiro
- 
- 145  **Sistemas Alertas Não Tripulados para o Monitoramento e Gestão de Focos de Risco de Incêndio Ambiental**  
Por José Rogério de Aguiar Carvalho, Samuel Sigurdson Barros e Joavildo Fortes Medeiros
-

- ABRIL** **XI ENACOMP**  
**23 a 25** XI Encontro Anual de Computação 2014  
 Curitiba (CC) - [www.enacomp.com.br](http://www.enacomp.com.br)
- ABRIL** **ISEINFO**  
**28 a 30** II Fórum de Negócios de Indústria Digital 2014  
 Foz de Iguaçu (FZ) - [www.iseinfo.com.br](http://www.iseinfo.com.br)
- MAIO** **XVIB SOBIC**  
**3 a 9** XVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos - Florianópolis (SC) - [www.sobic.org.br](http://www.sobic.org.br)
- MAIO** **XVI ENACORSEM**  
**6 a 9** XVI Encontro de Microeletrônica e 20º Simpósio Sul de Microeletrônica  
 Alagoinhas (SC) - [www.enacompampaonline.com.br/enacorsem2014](http://www.enacompampaonline.com.br/enacorsem2014)
- MAIO** **XV IWSL**  
**6 a 9** XV Workshop Internacional de Software Livre  
 Porto Alegre (RS) - [www.softwareslivres.org/pt-br/](http://www.softwareslivres.org/pt-br/)
- MAIO** **III EPCCOIS**  
**8 a 10** III Encontro Regional de Computação e Sistemas de Informação (Maceió-AL) - [www.epccois.com.br](http://www.epccois.com.br)
- MAIO** **XVI SVR**  
**12 a 16** XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality  
 Salvador (BA) - [portals.fab.org.br/tematicos/2014/](http://portals.fab.org.br/tematicos/2014/)
- MAIO** **XII ABC-Brasil**  
**13 a 16** XII Congresso de Engenharia de Áudio da ABC-Brasil  
 São Paulo (SP) - [www.abc.org.br/pt-br/congressos](http://www.abc.org.br/pt-br/congressos)
- MAIO** **XV ENBRSE**  
**20 a 23** XV Encontro Regional de Computação BA, AL e SE  
 Itaboraí (BA) - [www.enbrse.com.br](http://www.enbrse.com.br)
- MAIO** **X SIMSI**  
**27 a 30** X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação  
 Curitiba (PR) - [www.sbsi2014.com.br](http://www.sbsi2014.com.br)

ESPECIAL | AUTOMOBILISMO

# VEÍCULOS AUTÔNOMOS NÃO TRIPULADOS PERSPECTIVAS E DESAFIOS



---

por José Carlos Galvão de Lacerda e Raimundo de Silva Barros

---

## TEMPOSA | Apresentação

**A** VISTA É DESOLADORA E, COMO TAL, é consensual que estamos vivendo em um mundo com constantes e profundas transformações. Essas transformações estão cada vez mais aceleradas, com um ciclo de desenvolvimento científico e tecnológico com fortes impactos sociais, culturais e econômicos. Com a advento das tecnologias não tripuladas, em breve, não precisaremos mais de pilotos, nem de pilotos para dirigir carros e aviões. Isso já é uma realidade hoje. Um dia certamente haverá de sensores inteligentes que a número de acidentes seja drasticamente reduzida, podendo, inclusive, chegar a zero. Por outro lado, um problema que esse tipo de tecnologia pode sofrer é o da falta de segurança. Neste caso, uma pergunta que sempre se faz é se é seguro confiar em máquinas para fazer esse serviço. Outra pergunta é até onde e em quais situações uma máquina pode tomar uma decisão sem consulta a um humano. Essas e outras perguntas estão na imaginação das pessoas. Enquanto isso, os pesquisadores estão trabalhando e produzindo diversas novas configurações, através a estudo de arte, e possibilitando diversas novas aplicações. Não a preocupação existe e não pode, não deve, ser descartada.

A construção desses sistemas não de não ser uma tarefa fácil, ainda possui características críticas, isto é, um mau funcionamento pode causar grandes prejuízos financeiros e/ou perda de vidas humanas. Adicionalmente, tem que lidar com diferentes aspectos, por exemplo, hardware, software, plano de uso, pilas autônomas, acoplamento de sensores e câmeras, consumo de energia, comunicação, visão computacional, segurança, tolerância a falhas, multicalibração, tratamento de imagens, dentre outras. Portanto, in-





## ESPECIAL | Atualização

se necessário e desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas de conhecimento, tais como testes de segurança com falha, testes computacionais, robótica, segurança, comunicações, métodos formais, linhas de produção de software, engenharia de software, verificação, validação e testes, geração automática de código, fontes renováveis de energia, tolerância a falhas, sistemas operacionais embarcados e de tempo real, inteligência artificial. Todas elas aplicadas dentro do contexto de sistemas embarcados

**Esta edição da revista Computação Brasil visa a apresentar e a discutir os rumos que os sistemas móveis, autônomos e não tripulados têm tomado, e os riscos inerentes do uso desta tecnologia.**

como os subaquáticos, que não necessite de um piloto humano, que perceba o ambiente em que está inserido, que esteja apto a tomar decisões (por exemplo de desvio de um obstáculo) de forma segura, isto é, que não cause nenhum dano pessoal ou material, e que cumpra uma dada missão.

Discutiremos como tais sistemas influenciam a pesquisa, a economia, as relações universidade-empresa. Além disso, destacaremos as tecnologias e inovações e os principais desafios a serem

enfrentados.

Esta edição da revista Computação Brasil visa a apresentar e a discutir os rumos que os sistemas móveis, autônomos e não tripulados têm tomado, e os riscos inerentes do uso desta tecnologia. Neste contexto, discutiremos de sistemas móveis, autônomos e não tripulados qualquer sistema que se movimente, seja no ar, terra, aquático ou subaquático, que não necessite de um piloto humano, que perceba o ambiente em que está inserido, que esteja apto a tomar decisões (por exemplo de desvio de um obstáculo) de forma segura, isto é, que não cause nenhum dano pessoal ou material, e que cumpra uma dada missão.



## TEMAS | Apresentação

superadas. Um dos principais desafios é a questão de segurança, ou seja, por exemplo, não se pode colocar um avião não tripulado para voar sem as condições de segurança necessárias. Outro desafio é a certificação das aeronaves não tripuladas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), principalmente nas questões não funcionais de disponibilidade, confiabilidade e segurança críticas. Mesmo assim, há diversas perguntas cujas respostas não são tão fáceis de serem respondidas. Não temos dúvidas de que com base nos temas escolhidos de aeronaves não-jetadas por cima de nossas cabeças. Estamos só no início, mas as preocupações com a segurança devem estar sempre em primeiro lugar.

Eventualmente, em seguida algumas iniciativas de desenvolvimento de veículos autônomos, dentre as quais se destaca o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia na área de Sistemas Embasados Críticos (INCT-SEC). O Instituto constitui uma rede de pesquisa, com um total de 180 integrantes e 11 laboratórios de instituições universitárias de norte a sul do país, além de parceiros empresariais. Essa rede que integra academia e indústria atua no desenvolvimento de soluções e aplicações para áreas estratégicas - meio ambiente, segurança, defesa nacional e agricultura -, bem como a formação de recursos humanos e a transferência tecnológica.

Nesta edição temos diversos artigos importantes. Um deles foi escrito por um cientista político e que apresenta diversas reflexões sobre os riscos e desafios do uso de veículos aéreos não tripulados no contexto da defesa nacional. Temos alguns artigos que focam no aspecto comunicação dentro do contexto de sistemas embasados críticos, com especial ênfase nas regras de segurança sem fio e



## ESPECIAL | Apresentação

nos aspectos de segurança. Um dos artigos foi escrito por pesquisadores do-CTI e dá uma boa visão sobre os veículos robóticos terrestres autônomos, citando diversas iniciativas no Brasil e no exterior. No Brasil, duas iniciativas se destacam. Uma delas é o TEBOT, que é um veículo de navegação autônoma e que atua na linha-de robótica agrícola, e o projeto CARINAI, que é um veículo terrestre autônomo e que já circula autonomamente pela cidade de São Carlos (SC). Além disso, serão apresentados artigos sobre risco-computacional, aspectos de certificação, linhas de pesquisa de software e sistemas abertos no desenvolvimento de sistemas embarcados críticos.

No aspecto aplicação, apresentaremos três artigos sobre o uso-de UAVs na percepção-de meio ambiente, em três contextos diferentes. Um deles foi escrito por um agente de fiscalização federal e analisa ambiental do IBRASIL/IBAMA, que apresenta a necessidade de uso-de tecnologia para auxiliar na fiscalização ambiental com o intuito de evitar perdas de áreas florestais e de biodiversidade e segundo foi escrito por pesquisadores de diversas instituições preocupados com o monitoramento e gestão de risco do Bioma Amazônia, o terceiro foi escrito por um Major da Polícia Militar Ambiental de Estado de São Paulo, que analisa a ampliação da percepção de polícia militar ambiental sobre a região abrangida quando são utilizadas veículos aéreos não tripulados. Também será destaque um texto sobre sistemas aéreos não tripulados para o monitoramento e gestão de risco de Bioma Amazônia. Adicionalmente, apresentamos a Agência USP de Inovação, um bom exemplo de tratativa para a criação de um ambiente propício à prática de inovação, tão re-



## ESPECIAL | Apresentação

contribua para o desenvolvimento econômico e competitivo do mundo dinâmico atual. Destaca-se neste sentido a importância de ações de comunicação e divulgação científicas na perspectiva de popularização da ciência.

Italo-se possível um horizonte amplo de discussões de aplicações e desafios científicos com alto impacto socioeconômico, originando investimentos e ações estruturantes por parte do Estado para a consolidação de habilidades e competências para o desenvolvimento de relações adequadas, seguras e de alto interesse social. É fundamental que se promovam ações para o fortalecimento de redes de colaboração visando a integrar as competências para o desenvolvimento científico e tecnológico para a formação de recursos humanos de alta qualidade. A mobilidade nacional é uma questão fundamental neste contexto: pela diversidade, multidisciplinaridade e interdisciplinaridade presentes. A criação de um programa de pós-graduação multicentros em sistemas embarcados (criticos) possibilitando a formação de recursos humanos para avanço do conhecimento nas áreas subjacentes entendendo que deve fazer parte das considerações da comunidade e do Estado, pois facilita a mobilidade nacional e expõe os nossos talentos aos diversos contextos e domínios de aplicações, além de promover maior integração entre as competências envolvidas. Entendemos, portanto, a criação de um programa que tenha como base a relação academia-empresa, onde as empresas tenham participação ativa nas atividades e ações desse programa, distribuído desta forma o tempo entre gestão e uso de conhecimento, fator crucial para a competitividade nacional. ■





**JOSÉ CARLOS MALINCONI** | Professor Titular e Diretor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (IMCC-USP). Possui Mestrado em Engenharia e Tecnologia Especial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e doutorado em Engenharia Elétrica - Computação e Automação pela UNICAMP (1995). Tem experiência na área de Ciências da Computação, com ênfase em Engenharia de Software. Foi Presidente da SBC de 2007 a 2010 e é atualmente membro do Conselho da SBC e Coordenador do Núcleo de Inovação Científica e Bolson de Produtividade 1A do CNPq.

**RAIMUNDO DA SILVA BARRETO** | Possui doutorado em Ciências da Computação pela UFPE (2005) e pós-doutorado pela University of Southampton, UK (2012). Foi parte do Comité Científico do Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia, na área de Sistemas Embarcados Críticos. É líder do grupo de pesquisa em Desenvolvimento de Sistemas Embarcados da UFAM, cadastrado no CNPq. É tutor do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em cursos de computação (comp) UFPA.





# VEÍCULOS AUTÔNOMOS E DEFESA NACIONAL

## Os riscos e os desafios em um mundo em transformação

por Alexandre Facchin

EM ESPECIAL, NO PERÍODO PÓS-MURDOE DE BERLIM E FINDE A GUERRA FRIA, NA PERÍODOS DOS ANOS 1990 PARA 1999, CRESCOU FORTEMENTE UM DISCURSO ACERCA DA CROSCIDA DAS FRONTEIRAS NACIONAIS DE UM MUNDO CRESCENTEMENTE GLOBALIZADO. APRESENTADA MUITAS VEZES COMO UMA REALIDADE INEVITÁVEL, A FORÇA DO CAPITAL - PRODUTIVO E FINANCEIRO - FAZ COM QUE SEJA UNIVERSE AS ANTIGAS DIVISÕES QUE MARCAM O ESTÁDIO MODERNO DESDE O ADVENTO DO PAC DE VESTIBULAR DE 1918.

**C**OM OS TRISTES ACONTECIMENTOS de 11 de setembro de 2001, na maior potência econômica, política e militar do planeta, os Estados Unidos da América (EUA), tal por terra, junto com os territórios próximos a costeira da fim da história à la Polakovsky combinada ao ingresso líquido de uma paz perpétua idealizada por Kant levou mais-de-dois séculos. Para fazer frente à ameaça de terror, elementos que surgia com intensidade na abertura da presente século, controle e vigilância de fronteiras, bem como uma

---

**Aparentemente uma tecnologia apenas de aspectos positivos, (...) a utilização dos veículos autônomos suscita um conjunto de questões que não pode ser negligenciado pela Academia.**

---

nova estratégia de Defesa, ganharam revigora da centralidade contrastando com o período imediatamente anterior. É neste contexto que, apesar de anterior, emerge com força o debate sobre o emprego de veículos autônomos em Defesa Nacional – em especial os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), os Veículos Terrestres Autônomos (VTA) e os Navios (Navios Autônomos) (NA).

Aparentemente uma tecnologia apenas de aspectos positivos, como posar raios laser em uma das atividades mais antiga da humanidade, a fazer a guerra, garantindo segurança/

possibilidade, autonomia e uma incrível manobrável do, a utilização dos veículos autônomos suscita um conjunto de questões que não pode ser negligenciado pela Academia. De número significativo já no governo George Walker Bush (2001-2009) – no campo da doutrina de ataques preventivos e em especial nos conflitos do Irã/Iraque e Inago – as operações militares empregando veículos autônomos explicitaram na administração Barack Obama, ironicamente o presidente vencedor do Prêmio Nobel da Paz de 2009, mesmo um um que se inicia seu mandato,

Desde então, constantes violações de soberania territorial, expropriações sumárias e seletivas na casa dos milhares (incluindo mulheres e crianças, sem a devida processo legal e a mínima direito de defesa que qualquer cidadão possui), ataques a obras físicas, entre outros “técnicos-científicos”, têm sido uma constante. Ao mesmo tempo, de domínio exclusivo dos países centrais e em tecnologia científica e tecnologicamente, as nações periféricas do sistema internacional pouco ou quase nada podem fazer com respeito à crescente utilização de que tem sido chamado de “o futuro da guerra”, em razão da crescente possibilidade de precisão e sua limitada que possuem. Logo de aqui queremos sugerir uma ação de tipo inédita em pleno século XXI, a questão de fundo é a falta de um regulamento no tocante a esta matéria.

O que assistimos recentemente na esplanada do campo de guerra perpetrado pelos EUA e revelado por Edward Snowden foi, na ausência de uma clara regulamentação internacional em termos da utilização e emprego das novas tecnologias de informação e comunicação (TICs), um Estado nacional agir de forma imperial, habilitando todo e todo-que julgasse conveniente. Recentemente, em setembro de 2013, na abertura da 68ª Assembleia Geral das Nações Unidas – tradicionalmente realizada pelo Brasil –, a presidente Dilma Rousseff também liderou dois grupos pelo grande leilão do Norte foi dele ao afirmar que “o que temos diante de nós é um sério caso de violação dos direitos humanos e desrespeito à soberania”. A instrumentalização da ciberguerra em prol da defesa de interesses nacionais (ainda que legítimos) reflexiva em ação legal e acionamento, por violarem o direito internacional, os direitos humanos, a soberania dos países e as liberdades civis. Foi esse contexto que a mandataria brasileira propôs um “marco-civil multilateral para a governança e o uso da internet”. Uma trabalharmos na



**Notas de Colunista**  
 Universidade Estadual  
 que pelo menos 10 dias  
 do Norte do Brasil. Alguns  
 artigo publicado por  
 Lucia Silveira e Andreia  
 MCDONALDSON/10/10/2013  
 Yale Times - artigo disponível  
 de Reserva Internacional  
 001 EUN - 10/10/2013  
 no Parlamento do Parlamento  
 materializado em português  
 (2013-2014).





Invasões que desobedecem ao direito de não ser afetado por operações militares, em nome de outros valores públicos.

### **Infelizmente, a suajecitit e o pseudo jogo de poder mundial parecem falar mais alto.**

maneira direta com respeito aos veículos antinômicos e os desdobramentos que estes trazem, em especial no esfera da política pensada de forma ampla.

Por mais paradoxal que possa parecer, os ataques de artilharia não tripulados dos mísseis Predator e Reaper contra suspeitos de terrorismo fora dos EUA fizeram ascender a luz amarela em Washington. Nos primeiros meses do ano passado o presidente Obama começou a dar sinalizações de que a Casa Branca, revisando a doutrina de veículos antinômicos e o seu emprego em combate por parte de Forças Armadas como as chinesas e a russas, pretende tomar a liberdade na definição de possíveis diretrizes mundiais para o emprego de drones. No entanto, não são as exceções extrajudiciais em um sistema internacional por definição anárquico, nem que estas mesmas ocorram fora dos teatros de guerra/operações, que sensibilizam as liberdades mundiais. Infelizmente, a geopolitit e o pseudo

jogo de poder mundial parecem falar mais alto.

Além de que isto seja um fato, essa realidade não pode esquivar a necessidade de se avançar na definição de um arcabouço normativo-legal para as questões envolvendo os veículos antinômicos e a Defesa Nacional dos países-ia

exemplo de que hoje se passa com relação à TICa, e a Organização das Nações Unidas/ONU e por existência o pulso para a ampliação desse arcabouço e alguns debates, com particular destaque para as esferas de direito e de ética. A severa crise econômica internacional em curso desde 2008 parece ter amenizado consciências e responsabilidades planetárias. Mas o desafio segue colosso.

Como a socióloga Mary L. Dachtik destaca, "os VANTs são um passo tecnológico que leva ainda mais o povo norte-a-



mercado da aviação militar, entropesando as tentativas políticas sobre... Já a guerra sem fim? Ou ainda, considero Nood Bradley

Cientista da computação da She-

ffield University e presidente do

Comitê Internacional para o Con-

trole de Armas Biológicas, é preciso se

criar que tecnologias como as veículos autônomos representam "o passo final

na revolução industrial da guerra – uma liberação limpa de

matança, sem a presença física de sangue em nossas mãos e

sem qualquer culpa no nosso lado". Cabe ainda recordar, como

escritora Clavewrite em sua clássica obra do século XIX intitulada

Do Guerra, que por mais estranha, irracional e sem razão

que pareça a guerra, ela nada mais é do que a continuação da

política, só que por outros meios. Assim, é por meio da política,

igualmente, que devem ser reguladas e definidas as tarefas a ela

afetas.

No Brasil, em razão do papel que este atinja em um mundo

em acelerada transformação, com o surgimento de novas vira-

ções de poder, novas forças à medida que, muitas vezes em

parceria com nossas Universidades, buscam se inserir no selecto

grupo de detentores da tecnologia de veículos autônomos. Esse

know-how e expertise são fundamentais para o metamorfosar

uma condição de guerra neste século XXI. Ainda que tecnologia

superior não seja sinônimo de vitória – a História está repleta

de exemplos mostrando como o-acaso, as considerações poli-

ticas e a estratégia militar podem mudar o curso-de-conflitos

–, ela pode influenciar decisivamente os desdobramentos re-

definidos as arenas políticas da disputa-em questão. Temos

masse crítica e desejo de influir nos rumos-deste-debate, sendo

para tanto necessário a consideração de esforços de financing,

de nossa Academia e Associações Científicas, das três forças

(Estratégia, História e Demografia), bem como da sociedade civil interessada em apoiar reflexões à construção de um quadro normativo-institucional internacional.

Então, os veículos autônomos vieram para ficar e não se pode ignorar para tal a vida da história. Mesmo dentro da Defesa Nacional, as pesquisas que esse tipo de tecnologia podem trazer são inmensuráveis, podendo evitar que milhares ou milhões de vidas humanas venham a ser vítimas ao longo das próximas décadas. Não obstante, é preciso que existam um emprego indeliberado — isto é, com consequências efetivas em larga escala, e que as questões de comando e responsabilidade sejam clarificadas. As máquinas não podem substituir as decisões humanas, como vem ocorrendo em uma base recente em vários armamentos de defesa capazes de identificar, perseguir e eliminar o que julgam “ameaças próximas”. Apenas para ilustrar, Israel acaba de vender à China e à Índia torres contra-palco com arma capaz de executar mísseis independentemente do ser humano. Para tanto, a VANT conta com um sistema capaz de identificar e lançar uma bomba contra qualquer sinal de radar que não esteja em seu banco-de-dados como “amigo”.

---

**Mesmo dentro da Defesa Nacional, os ganhos que este tipo de tecnologia podem trazer são inmensuráveis, podendo evitar que milhares ou milhões de vidas humanas venham a ser colhidas ao longo das próximas décadas.**

---

É importante as possíveis estratégias sob o rótulo de “banco coberto” em tempos de guerra eletrônica? É preciso lembrar que, de um e de outro as armas inteligentes, a decisão de emprego é fundamentalmente política, humana, e não se pode transferir a essa responsabilidade.

Voltando ao nosso país, de dimensões continentais, os veículos autônomos podem jogar um papel crucial na tarefa da Defesa Nacional, seja na vigilância e monitoramento das fronteiras terrestres, na proteção de nosso espaço aéreo ou ainda na pe-

**Em tempos de Pré-Sal, com uma Amazônia riquíssima em reservas de minérios, madeira, fauna e flora (a maior biodiversidade do planeta), (...) o Brasil não pode abdicar desse tipo de tecnologia.**

trabalhos de zonas águas jurisdicionais marítimas e interiores. Em tempos de Pré-Sal, com uma Amazônia riquíssima em reservas de minérios, madeira, fauna e flora (a maior biodiversidade do planeta), de crescimento dos ilícitos transnacionais (contrabando de armas e drogas), com grandes eventos esportivos pela frente, entre outros pontos, o Brasil não pode abdicar desse tipo de tecnologia. Inúmeras outras frentes poderiam aqui ser evocadas, mas, dadas as limitações de espaço deste artigo, o aspecto central para a qual estamos querendo chamar a atenção é o de que, em tempos de aceleradas transformações geopolíticas no sistema internacional e com uma regulamentação normativa-legal democrática de amplo espectro – sob os auspícios da ONU –, os veículos autônomos, instrumentos capazes de detectar e combater ameaças em nome da humanidade sem colocar vidas em risco, podem se transformar em um recurso possível para essa mesma civilização. ■



**ALEXANDRE FUCILLE** | É Doutor em Ciência Política (UNICAMP), professor da UNESP (Universidade Estadual Paulista) e membro do Grupo de Estudos de Defesa e Segurança Internacional (GEDI). Trabalhou no Ministério da Defesa de 2003 a 2006.

# DESAFIOS PARA A CERTIFICAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

por João Batista Casagrande  
e Ricardo Alexandre Viegas Gomes

O DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS PARA USO CIVIL, SE COMPARADO A AVIAÇÃO CIVIL TRADICIONAL, REPRESENTA UM ESTÁGIO INICIAL DE DESENVOLVIMENTO. DESSE PUNTO DE VISTA, É NECESSÁRIO ENTENDER QUE O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO É APENAS UMA PARTE DO PROBLEMA A SER RESOLVIDO.

**S**OLUÇÕES INOVANTES DO INTELETO DA ARTIFICIAL, sistemas inteligentes, entre outros, derivam do conhecimento, além não propiciadas com o objetivo de desenvolver sistemas de tomada de decisão capazes de operar volantes entre aeronaves (inclusive tripuladas) no espaço aéreo em situações em que o ser humano não é capaz de reagir em tempo suficiente. Mistura com a tecnologia e princípios dos cientistas, quando há a necessidade de se utilizar uma aeronave não tripulada em um espaço aéreo compartilhado com outras aeronaves, surgem novas questões de cunho jurídico e social.

Tendo em vista a crescente atuação feita no campo de VANT em aplicações civis, o dever da autoridade avaliar os riscos que possibilitam a regulamentação de VANT, de forma a garantir a sua utilização segura, uma vez que tais soluções sempre dependem de algum grau de automação que implica sobre o nível a condução humana da aeronave por sistemas autônomos. Uma motivação para tal afirmação é o grau de automação já atingido em aeronaves comerciais de grande porte.

Tais tecnologias permitem a sua automação em cruzeiro, assim como em condições especiais não-derivadas e procedimentos finais obrigatoriamente em modo automático, como foi o caso de pontos completamente automáticos conhecidos como CAT IIb, III, de ponto de vista de tecnologia e conceitos de uso, um avião comercial tal como o Boeing 747 ou como o Airbus A380 pode ser considerado como uma espécie de VANT, uma vez que a condução de voo, pouso e decolagem de uma aeronave é feita com



significativa grau de automação.

Conseqüentemente, devemos lembrar sempre que VANT é, antes de mais nada, uma aeronave. Esse fator é muitas vezes esquecido por um leitor desatento, pois essa informação simplifica dramaticamente a entendação das condições necessárias e suficientes para a sua operação. Uma aeronave que desaja nos espaços aéreos brasileiros deve estar certificada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e, em posse dessa certificação, requerer autorizações de todos os voos que ela for efetuar perante o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), seja da tripulação ou não. Conforme a RBAC01 da ANAC, define-se aeronave como “um dispositivo que é usado ou que se pretende usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas ou/ e coisas”. A partir dessa definição podemos concluir que se um aeronave originalmente desenvolvido para uso recreativo for utilizado para fins comerciais, ele se torna uma aeronave que deve seguir todas as regras impostas pela ANAC e pelo DECEA. Nesse caso, por não ser tripulado, o aeronaveiro se torna um VANT.

**Se um aeronaveiro originalmente desenvolvido para uso recreativo for utilizado para fins comerciais, ele se torna uma aeronave que deve seguir todas as regras impostas pela ANAC e pelo DECEA.**

Mas, apesar de o VANT ser obrigado a seguir todas as regras que os órgãos reguladores

da aviação civil definem, como são tratados os aspectos de segurança dentro de aeronaves não tripuladas? A resposta a essa pergunta tem sido feita não só pela ANAC e DECEA, mas também por todas as organizações internacionais. Temos um cenário de muita inovação tanto no Brasil quanto no exterior, pois a proibição empresarial para se ter o uso de VANT para uso comercial tem demandado uma força tarefa internacional na qual o Brasil tem participado ativamente.



A hipótese principal de toda pesquisa envolvendo certificação de VANT é a de que a sua inserção no espaço aéreo deve atender aos mesmos níveis de segurança já existentes na aviação civil, e a VANT a ser utilizada deve atender aos requisitos mínimos necessários e suficientes para operar, de forma segura, nesse espaço aéreo. A viabilidade da use de VANT no espaço-aéreo, então, necessita de uma quantificação de fatores que envolvem Tecnologia, Regras do Espaço Aéreo, Procedimentos Operacionais (tanto em seu curso em solo e dos requisitos não funcionais de disponibilidade, confiabilidade e segurança em voo).

Tendo em vista a complexidade característica da aviação civil, a missão atual da ANAC e da DECEA, é de desenvolver um conjunto que seja um ponto de referência, a partir de práticas existentes e bem estabelecidas, que são utilizadas em outros domínios e aplicações da Governança de Tráfego Aéreo e, então, adaptá-las para a inserção de VANT.

## Como são tratados os aspectos de segurança dentro de aeronaves não tripuladas?

Os aspectos de segurança dentro de aeronaves não tripuladas são tratados de forma semelhante à aviação civil, com a aplicação das regras de segurança estabelecidas para a aviação civil.

Mas as regras brasileiras não trabalham sozinhas. O desenvolvimento segue a ordem da aviação civil internacional é promovido pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), também conhecida em inglês

por International Civil Aviation Organization (ICAO), agência especializada das Nações Unidas. A OACI tem a missão de estabelecer normas e regulamentos necessários para a segurança crítica, segurança de informação, eficiência e regularidade, bem como para a proteção ambiental da aviação. A regulamentação da OACI está baseada no Convenção de Chicago (Convention on International Civil Aviation) de 1944. Com o objetivo de garantir o compartilhamento do espaço-aéreo de diferentes estados, a OACI produz documentos que regem a aviação civil internacional. Como destaque no aspecto dos Veículos Aéreos





Não Tripulados (VANT), pode-se destacar o artigo 8º (CACA, 1944): “Nenhuma aeronave capaz de voar sem um piloto deve voar sem um piloto sobre o território do Estado contratante sem autorização especial deste Estado e em acordo com os termos de tal autorização...”

**“Nenhuma aeronave capaz de voar sem um piloto deve voar sem um piloto sobre o território do Estado contratante sem autorização especial deste Estado e em acordo com os termos de tal autorização...”**

Assim, pode-se observar que há quase 70 anos já existia preocupação sobre regulamentação de aeronaves sem piloto a bordo. Porém, a evolução da tecnologia tem aberto novas fronteiras de pensamento, como foi apresentado por Nicholas A. Sabatini, em 2006, administrador da Regulação da Aviação da FAA (Federal Aviation Administration – Estados Unidos) em que afirmou: “The development and use of unmanned aircraft is the next great step forward in the evolution of aviation”. Tal afirmação demonstra que veículos aéreos não tripulados merecem uma forte atenção

no meio acadêmico, assim como na comunidade científica.

A solução das organizações internacionais tem sido a de limitar a scope sobre a inscripção de VANT no espaço aéreo controlado, em função de suas características físicas, seu porte, de forma que a análise seja limitada ao tamanho do aeronave. Ainda não há uma definição da Lista Mínima de Equipamentos (MLE – Minimum Equipment List) para as categorias de VANT, tal como um avião civil que possui todos os equipamentos necessários para voar em um espaço aéreo, seja segregado ou não. Atualmente a ANAC define que o VANT deve ter, no mínimo, 15 quilos.

Considerando a futura integração do VANT no espaço aéreo, a adaptação deve ocorrer as regras e definições já existentes



da OACI, tendo como uma importante contribuição a descrição de atividades específicas a serem validadas pelo método.

A Circular 328 da OACI define VANT como sendo um aeronave e seus demais elementos associados que são operados sem piloto a bordo. Ela também refere que o VANT, em função das limitações apresentadas pela OACI, deve voar sob o comando de um piloto remotamente localizado em uma central de operação. A Circular ainda define que este tipo de aeronave, subgrupo de VANT, deve ser também designado pelo termo "remotely-piloted aircraft" (RPA), ou Aeronave Remotamente Pilotada.

A ANAC e o DECEA, têm investido em grupos internos e internacionais para aprenderem a avaliar forma de lidar com esta nova tecnologia. Ambos são responsáveis por avaliações e trabalhos de certificação e autorização de voos de aeronaves, independentemente de ser remotamente pilotada ou não. Essa responsabilidade, que ambos possuem perante a sociedade internacional, obrigou a definir novos procedimentos de certificação e autorização de voos para VANT.

Para exemplificar tanto a ANAC quanto o DECEA, possuem representantes no grupo de trabalho desenvolvido por IASWG (International Aircraft Systems Study Group ou Grupo de Estudos Sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas da OACI. Conforme declarado no portal do DECEA, o Major Cyrus André Cruz, mem-

**O VANT deve voar sob o comando de um piloto remotamente localizado em uma central de operação.**

bro brasileiro do Grupo de Estudos Internacional e atual Comandante do 2º TGCC, afirmou: "Lá estamos em uma [VANT] desde muito tempo na prática e temos muito conhecimento definível. Estamos tendo a oportunidade de discutir essas questões tão complexas e dar uma visibilidade da importância que o Brasil dá ao tema. As aeronaves remotamente pilotadas hoje são uma realidade e precisam ser reguladas".



O IASG e demais grupos de trabalho, segundo a diretiva da Circular EM do CATE, tem considerado que o VANT não pode ser autônomo e que seja sempre pilotado remotamente por um piloto humano. Por outro lado, por não haver um piloto a bordo, é necessário que o VANT tenha algum sistema de salvaguarda em caso de perda de comunicação. Fazendo uma analogia com uma aeronave comercial tripulada, se o piloto falhar, há o copiloto para tal emergência. Mas e se não houver copiloto? Seria exatamente o caso de perda de comunicação da aeronave com o piloto em solo. Portanto, um VANT deve possuir alguns procedimentos de prova-autômatas ou de retorno para a base.

## As aeronaves remotamente pilotadas hoje são uma realidade e precisam ser reguladas.

A complexidade envolvida com manobras de retorno autômatas para a base abrangendo questões especiais, pois o VANT passa a ser completamente autônomo em tal cenário. Questões como então o VANT está longe da base? Em que altitude de altitude ou a que esta-

ta sendo realizado visualmente? E se houver outras aeronaves na região que ele precisa evitar na zona de retorno? Ele saberá decolar? A autonomia dele permite ir longe? Se não permitir, ele consegue retornar de forma autônoma, a meio do ar de prova? A regulamentação está ciente dos riscos relacionados ao piloto de sua aeronave pelo IASG? É importante, desta forma, estar ciente de que é necessário existir regras para todo o processo realizado. Se ocorrer um acidente de um VANT, de que é obrigado a ser uma regra para? Mas se o acidente ocorrer quando o piloto de dadas foi completado com o piloto remoto, de quem é a responsabilidade civil caso existam vítimas em solo? Essas são questionamentos que geraram muita discussão tanto na tecnologia envolvida quanto nos aspectos normativos a serem



adotados neste novo parâmetro. A demanda repetida, gerada pelas empresas envolvidas, estimula que os órgãos responsáveis acelerem o processo legal e social, reafirmando, assim, o desenvolvimento tecnológico com o objetivo de permitir um maior número de aeronaves não tripuladas no espaço aéreo controlado e segregado. É importante ter em mente que as normas e procedimentos da aviação civil atual foram gerados a partir de um vasto histórico de acidentes e incidentes. Essa fonte de informação não é mais uma opção para a realidade da VANT.

Independentemente da falta de regulamentação para seu uso civil, o espaço aéreo vem sendo gradualmente exposto aos veículos aéreos não tripulados, tal como quando se observam imagens de câmeras de televisão se utilizando dessa tecnologia. Apesar de se conhecerem tais usos, é importante ressaltar que

**Independentemente da falta de regulamentação para seu uso civil, o espaço aéreo vem sendo gradualmente exposto aos veículos aéreos não tripulados.**

todos eles não possuem aprovação da ANAC e do DECEA.

Mas alguns usos importantes estão sendo feitos no setor de certificação. A ANAC emite, em nome do DECEA, o primeiro Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) para um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para uma empresa privada no Brasil, utilizando-se do documento ANAC 25-001A – Instrução Suplementar Revisão II – Emissão de Certificado de Associação de Voo Experimental para

Veículos Aéreos Não Tripulados. Portanto, apesar de se ter com frequência visto de VANT nos noticiários brasileiros (como que experimental), existe apenas uma única empresa, no país, autorizada pela ANAC a fazer voos experimentais voltados à pesquisa e ao desenvolvimento de VANT. Observe que mesmo essa empresa não está autorizada a realizar voos com propósitos



consequência. De posse dessa certificação, a empresa pode registrar junto ao INPI as inovações para seus produtos de voz. O caso de sucesso entre empresa privada e órgão certificador está demonstrando positivamente o impacto da comunidade internacional. O presidente da UVS Internacional, Peter Rysenbough, entidade agregadora de empresários, sociedade civílica e instituições governamentais, recordamos, em evento organizado em São José dos Campos, que os demais governos sigam o exemplo do Brasil.

A pesquisa em voo-carga relacionado ao universo das redes aéreas além tripuladas está apenas começando, destacando a necessidade cada vez maior de cientistas embarcados em aeronaves a suprir a necessidade em inglês, responsável por sociedade como um todo com o objetivo comum de ser ter o espaço aéreo cada vez mais seguro. ✨



**JOÃO BATISTA CAMARGO JR.** Professor Associado do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais - Escola Politécnica da USP

**RICARDO ALEXANDRE VIEIRA GEMINIS**  
Destacado pelo Departamento de Engenharia Elétrica, Área Engenharia de Computação - Escola Politécnica da USP



# INCT-SEC

## OPORTUNIDADES DE PARCERIA EM PDI EM SISTEMAS EMBARCADOS CRÍTICOS

por José Carlos Malheiros, Flávia Serrano-Capeta  
e Bárbara Regina Lucas Juppê-Carvalho-Silva

O INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SISTEMAS EMBARCADOS CRÍTICOS (INCT-SEC) INTEGRARÁ O PROGRAMA INSTITUTOS NACIONAIS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (INCTS) CRIADO EM 2008 PELO GOVERNO FEDERAL, QUE VISA A ELEVAR A PRODUÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO POR MEIO DA ARTICULAÇÃO DE GRUPOS DE PESQUISA DE REFERÊNCIA EM ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO PAÍS.

**O** PROGRAMA CONTEMPLA todas as regiões brasileiras, possuindo atualmente 115 FCTIs aprovados que promovem a formação de recursos humanos, o desenvolvimento e a transferência tecnológica por meio de parcerias com a indústria, da divulgação científica, do ensino e treinamento e da consolidação de redes de cooperação em seus respectivos campos de atuação planejada todas as áreas de conhecimento.

O FCT-SEC-TIME-FRÂNCA ESTREI no ano de 2009 a fronteira de São Ilé, com sede localizada nos Institutos de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos (SP), e constitui uma rede de pesquisa/colaboração em área de Sistemas Embarcados Críticos. Essa rede envolveu nove instituições acadêmicas de nível a sul do país, com a participação de 11 laboratórios de pesquisa, e 11 parceiros empresariais e governamentais, com aproximadamente 100 integrantes no início e 150 integrantes no seu momento máximo.

O objetivo do FCT-SEC foi elevar o nível de conhecimento, competências e qualidade no país sobre o desenvolvimento de sistemas embarcados críticos. A relação academia-indústria foi explorada no desenvolvimento de soluções em diferentes domínios de aplicação: meio ambiente, agricultura e defesa nacional.

A rede FCT-SEC, que integra academia e indústria, apóia a pesquisa, o desenvolvimento de soluções e aplicações, em especial as que envolvem técnicas matemáticas, técnicas,

saúde, espórtica e esportiva, para áreas estratégicas como meio ambiente, segurança, defesa nacional e agricultura, bem como a formação de recursos humanos, a transferência tecnológica, a ensino e treinamento e a popularização da ciência. A inovação e o uso de tecnologias de ponta na elaboração das soluções constituíram prioridades de ação.

O Instituto motivou e criou bases para a formação de alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado em Sistemas Embarcados Críticos e ofereceu cursos de treinamento e atualização profissional em suas áreas de atuação. A divulgação científica foi também uma ação fortemente priorizada.

O INCT-SEC teve uma estrutura administrativa e uma de pesquisa. Em termos de pesquisa, as atividades foram estruturadas em grupos de trabalho (GTB), sendo criados também duas ações transversais às atividades de pesquisa, denominadas centros: a de Linha de Produtos e a de Ensino e Treinamento.

A popularização da ciência é um dos propósitos do programa INCT e, assim, o INCT-SEC teve o objetivo de disseminar o conhecimento produzido para a sociedade, contribuir para a formação cultural e científica da país e promover a formação de futuros talentos de áreas científicas. Para isso, foi estabelecida, por meio da coordenação do INCT-SEC, a Assessoria de Comunicação e Divulgação Científica que elaborou a planejamento e executou as atividades para esse segmento.

O INCT-SEC integrou nove universidades e 13 parceiros de áreas industriais, instituições de pesquisa e entidades governamentais, formando um total de aproximadamente 150 integrantes e 21 laboratórios. No âmbito acadêmico, a rede do INCT-SEC foi integrada pela Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Tecnologia de Ilha do Futuro (FATEC-ILHEU), Pontifícia Universidade Católica do Rio Gran-



de do Sul (FUCRS), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal de Amazonas (UFAM) e pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Dentre os institutos de pesquisa que participaram da rede encontram-se a AOE, Aeronaveco, Aindip, Embraer Orbital, Inctos, Inova, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Instituto de Ensino e Pesquisa (IEP) USP São Carlos, Empresa Instrumentação, Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do Exército Brasileiro, Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo e Polícia Federal.

A estrutura administrativa foi composta por um Comitê Gestor, Direções - Administrativa e Operacional, Financeira, Pesquisa e Desenvolvimento e Relações Institucionais, Coordenadores Locais em cada instituição, Coordenadores de GTs e os Coordenadores de Centros, que fizeram a gestão do projeto e das recursos disponíveis, segundo as diretrizes do Comitê Gestor. De forma articulada, as ações e direções foram desenvolvidas e realizadas constantemente objetivando o comprometimento efetivo das ações de formação de recursos humanos, de transferência tecnológica, de relacionamento entre a academia e a indústria e de estabelecimento de parcerias nacionais e internacionais.

## Rede Acadêmica e Indústria

O INCT-SEC teve sua composição baseada na premisa de explorar a relação academia e empresa buscando a consolidação de uma rede de colaboração. O INCT-SEC permitiu, dessa forma, agregar competências de diferentes grupos e pesquisadores no país todo. Com isso, os resultados obtidos foram mais significativos do que os obtidos pontuais e individualmente pelos pesquisadores.

Atividades de pesquisa no INCT-SEC foram desenvolvidas por cinco Grupos de Trabalho (GTs), cada um possuindo

com coordenador. Cabe a cada GT definir as estratégias de acompanhamento dos resultados e estabelecer mecanismos de integração e interação, assim como estratégias para a fortalecimento da relação academia e empresa.

O primeiro grupo de trabalho (GT1), denominado Robôs Táticos para Ambientes Inercios, desenvolveu sistemas, ferramentas e métodos para permitir o trabalho individual ou colaborativo de robôs móveis. Os sistemas são utilizados para segurança, vigilância e monitoramento, incluindo espaços remotos e de difícil acesso.

Veículos Terrestres Autônomos, o segundo grupo (GT2), foi constituído com o objetivo de desenvolver sistemas de navegação autônoma e assistida para veículos terrestres, sendo último caso para mitigar a ocorrência de uma possível situação de risco, com a intenção de prevenir acidentes rodoviários. O sistema de controle autônomo é capaz de controlar um veículo sem qualquer intervenção humana, podendo ser utilizado na área de tráfego urbano, agricultura, indústria e segurança. O projeto denominado Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma (CARINA), desenvolvido no contexto do INCT-SEC, realizou o primeiro teste em via pública, em outubro de 2013, na cidade de São Carlos, durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT).

O grupo de Sistemas Aéreo Não Tripulados (GT3) aborda o desenvolvimento de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). O Brasil possui vasta área de extensão territorial que reúne diversos tipos de paisagens, relevo, clima e outras características que o tornam único geograficamente, fazendo dos VANTs um importante aliado no mapeamento e monitoramento de território brasileiro, de suas plantações, vegetação e outros aspectos.

O quarto grupo, de Aplicações Inovadoras (GT4), trata a

missão de identificar e construir aplicações e soluções em que os produtos da INCE-SEC poderiam ser diretamente integrados e aplicados em benefício da sociedade nas áreas estratégicas para o desenvolvimento brasileiro. Para isso, métodos, técnicas e ferramentas foram desenvolvidas em diferentes áreas da Computação com o objetivo de alcançar a integração de soluções técnicas para ambiente interno e redes locais, redes, aplicações e subaplicações autônomas, bem como dispositivos de visualização.

Veículos Aquáticos e Subaquáticos foi o quinto grupo de trabalho INCE com o objetivo de projetar sistemas de controle e motores de propulsão-elétricos que garantam autonomia ao veículo aquático, assim vez que os veículos aquáticos não são utilizados para várias tarefas, principalmente as relacionadas ao monitoramento ambiental e controle de fronteiras.

As atividades dos GTs foram complementadas por ações transversais de projetos desenvolvidas através: i) Centro de Estudos e Treinamento que viabilizou o desenvolvimento, a criação e divulgação de material didático e de treinamento nas áreas de pesquisa do instituto, de modo a motivar e propiciar a formação de pessoal qualificado, tanto em ambiente acadêmico quanto empresarial. A atualização profissional e a formação de mestres e doutores também foram priorizadas e ii) Centro de Linhas de Produto de Software que visa prover métodos e ambientes de desenvolvimento de sistemas embarcados críticos de alta-qualidade a partir da concepção de Linhas de Produtos. Além disso, estabeleceu parcerias e projetos colaborativos nacionais e internacionais e estimula a produção de material didático voltado para linhas de produtos de software.

Para promover a transferência de tecnologia foram firmadas parcerias com indústrias e entidades governamentais. Com a Embraer foram investigadas soluções para a agricultura de

precisão e pulverização agrícola com a utilização de arítes não tripuladas, mais especificamente com a aplicação do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) Tírbis, desenvolvido em parceria com as empresas Aerovisão e AGX Tecnologia. O Tírbis é comercializado pela empresa AGX.

O INCT-SEC e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) firmaram acordo de intercâmbio entre os institutos e elaboraram projetos de pesquisa e desenvolvimento de aplicações e soluções para áreas estratégicas do país envolvendo a multidisciplinaridade de projetos de aeronaves e controle.

Um termo de intenção de cooperação com o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) da Esdrás Brasileira também foi firmado para impulsionar a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) nas atividades exercidas pela Esdrás.

Como um dos desdobramentos das pesquisas realizadas no âmbito do INCT-SEC, cabe destacar também o convênio firmado com a Polícia Militar Ambiental (PMA). Essa parceria resultou na realização de cursos de formação de pilotos de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Inicialmente foram executadas missões de monitoramento ambiental em parceria com a PMA do Estado de São Paulo que resultaram em multas e penalizações para os donos de uma fazenda junto ao Rio Mogi Guaçu. Diante dos resultados promissores dessas missões foram dadas setecentas à PMA para a realização de novas monitoramentos, e com isso ocorreu a primeira turma de treinamento de formação de pilotos de VANTs.

O curso com foco no uso de VANTs para monitoramento ambiental, realizado em 2011, foi o primeiro da América Latina a fazer uso desse tipo de tecnologia e contou com a participação de 15 integrantes da PMA de diversas localidades do Estado de São Paulo. O curso viabilizou o uso de VANTs pela corporação, à medida que tornou o pessoal apto a atuar na

funcionalidade em demandas corriqueiras como monitoramento, vigilância e reconhecimento de problemas ambientais e rurais. Além do USBC e do INCT-SEC, o curso foi resultado de uma parceria com a empresa AGE Tecnologia, Departamento de Engenharia Aeroespaciais e Centro Tecnológico Educacional para Engenharia (CETEP), ambos da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

A parceria com a empresa levou outros desenvolvimentos resultantes das pesquisas no âmbito do INCT-SEC. Em conjunto com a empresa de Ilhéus das Ilhas Agrícolas Lactos e LEM (Laboratório de Robótica Inteligê) desenvolveu o projeto NAV-AG (Navegação na Agricultura), que tem como objetivo o desenvolvimento de algoritmos inteligentes para aplicações robóticas na área agrícola. Uma das principais linhas de pesquisa nesse projeto é a detecção de obstáculos por máquinas agrícolas em linhas de plantio.

O sistema em desenvolvimento utiliza imagens câmeras e algoritmos de aprendizagem de máquinas para identificar obstáculos e depressões que possam comprometer a navegação das máquinas. Também está sendo avaliada a utilização de imagens térmicas para esse propósito.

O resultado dessa parceria resolveu em uma máquina protótipo de pulverização descontínua LW III da MCTO. O pulverizador autônomo faz uso de câmeras para a navegação autônoma e a detecção de obstáculos.

O Centro de Linhas de Produto de Software para Sistemas Embarcados Críticos (CLP para SEC) foi criado com a colaboração de Unidades Presenciais (UP) da Alameda, Apoiando a cooperação e a comunicação entre os grupos de pesquisa de Engenharia de Software e Sistemas Embarcados do INCT-SEC e outros grupos de pesquisa e empresas no Brasil e no exterior nas áreas de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) envolvendo parcerias e projetos em colaboração com outras institui-

ções com objetivos comuns no Brasil e no exterior.

Do ponto de vista da internacionalização a INCT-SEC, entre outras ações, participa do Programa Ciência Sem Fronteiras, motivando os pesquisadores da área de sistemas embarcados críticos a estabelecerem contatos com universidades no exterior de modo mais ágil.

## Ensino e Treinamento

O CENTRO DE ENSINO E TREINAMENTO (CET) atua por princípios de atuação-disponibilidade material-didático de ensino e treinamento livre, com licenças associadas, na mesma perspectiva que a desenvolvimento-de software livre, relacionado a toda tecnologia e processos descritos assim como a estabelecimento de processos, métodos e ambientes livres para a produção de seu material.

O CET produzirá cursos de treinamentos, de curta e longa duração, especialização dentro-cursos, que foram disponibilizados nos módulos de material didático-livre, para as instituições internas e externas a fim de promover a disseminação de conhecimentos nos contextos industrial e acadêmico.

Desta forma, o centro contribui para a formação e atualização de pesquisadores e pessoal técnico-com perfil para empresas de base tecnológica e inovadora, no que se refere ao desenvolvimento de sistemas embarcados críticos.

O material produzido, utilizado nos cursos realizados, é baseado na metodologia do software livre, de modo a ser um material aberto e passível de modificações e atualizações.

O centro também tem forte relação com o Centro de Competência em Software Livre FOSSLI do KIMC - USP O FOSSLI integra a rede internacional de Centros de Competência do Projeto QualiPia (Quality Platform for Open Source Software), a qual possui representação em diversos países da Europa, além da China, Índia e Brasil.

## Comunicação e Divulgação Científica

NESSA AÇÃO, DUAS VERTENTES ARTICULADAS foram estabelecidas: a Associação de Comunicação e a Associação de Divulgação Científica. A primeira exercera a função de fortalecer a presença dos projetos vinculados nos diversos veículos de comunicação entre rádio, TV, jornal impresso e online e blog, para que os mais diversos públicos tivessem acesso ao material produzido. A comunicação interna também foi exercida e fortalecida.

A segunda foi direcionada para a popularização da ciência, a difusão e divulgação de temas relacionados a sistemas educacionais críticos por meio de parcerias para realização de palestras, vídeos e demais ações educativas.

Dentre as atividades da Associação de Comunicação e Divulgação Científica encontram-se a produção de notícias das pesquisas desenvolvidas e das parcerias estabelecidas, publicadas no site do INCT-SEC ([www.inct-sec.org](http://www.inct-sec.org)), e que serviram de apoio para a produção de reportagens dos mais diversos veículos de comunicação locais, regionais, nacionais e internacionais.

O contato fortaleceu o diálogo entre imprensa e pesquisador no processo de produção de reportagens e consolidou a integração da comunidade interna através das boletins informativos.

A criação de uma rede de comunicação foi proposta para expandir e facilitar a divulgação do trabalho de cada instituição integrante e ações educativas visto que o INCT-SEC foi composto por mais de 200 pesquisadores.

A Associação de Comunicação e Divulgação Científica, em parceria com o Centro de Estudos Científicos e Culturais (CECC/USP) e o Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP em São Carlos, realizou palestras destinadas aos alunos de ensino fundamental, médio e técnico e aos professores como objetivo de disseminar e atrair recursos humanos para as áreas que envolvem sistemas educacionais críticos e contribuiu para a

realização de eventos de área e demais atividades relacionadas.

Dessa forma, o INCT-SBC pretende contribuir para a superação das ações de divulgação científica, aproximar a pesquisa acadêmica da sociedade, criar futuros cientistas e analisar, de maneira crítica, as ações que ocorrem no ambiente científico, atingindo diversos tipos de públicos, e colaborar para a formação científica e de inovação nacional.

## Perspectivas na Área de Sistemas Embarcados Críticos

A CONSTITUIÇÃO DE UMA REDE DE COLABORAÇÃO de pesquisa distribuída e multidisciplinar em Sistemas Embarcados Críticos é o resultado fundamental do INCT-SBC, visto que a solução de problemas complexos e de relevância social e econômica somente é viável com a integração de habilidades e competências, em particular daquelas que envolvem técnicas autônomas.

Essa criação levou a troca de experiências entre os centros coordenadores e os integrantes, tanto nacional quanto internacionalmente, e possibilitou o fortalecimento da relação entre academia e indústria em Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Na medida em que se consolidam os resultados e a transferência tecnológica, torna-se evidente a necessidade do estabelecimento de modelos de relacionamento academia-empresa, abordagem de exemplos de investimentos, propósitos intelectual e modelos de desenvolvimento conjunto academia-empresa.

A formação da rede de colaboração teve um impacto positivo tanto no INCT-SBC quanto nas instituições, pois permitiu a discutir conjuntamente, a partir de requisitos de modelo educacional na perspectiva da inovação tecnológica, produção científica e empreendedorismo.

Il as ações de comunicação e de divulgação científica são um ponto de extrema relevância para a divulgação dos resul-



tados, popularização da ciência-e-a motivação e atração de novos talentos para o sistema de formação de recursos humanos na área de embarcadas. Essa ação atingiu plenamente os seus objetivos, tendo atingido os mais relevantes valores de conscientização da pauta. Contribuiu-se para a constituição de um Centro de Conscientização e Divulgação Científica para programas temáticos e em todos, a exemplo dos INCTs, visando a facilitar a popularização da ciência-e motivando a ingresso de novos talentos no processo de formação de profissionais para as áreas de interesse dos INCTs.

A criação do Centro de Ensino e Treinamento propiciou a discussão de conteúdos, métodos de ensino e treinamento e do perfil do profissional. O conceito da produção de material didático livre, que possa ser desenvolvido por equipes geograficamente distribuídas de forma cooperativa, impactou, positivamente, a oferta de material de ensino em todas as instituições.

Os cursos e minicursos possibilitaram tanto à comunidade acadêmica quanto aos profissionais de influir uma visão abrangente e analítica sobre os principais temas e trabalhos envolvidos-e-a avaliação na área. A enorme experiência e a competência das instituições envolvidas muito contribuíram para a produção de materiais de alta qualidade e relevância.

O envolvimento de alunos de Iniciação Científica (IC), Inovação e Desenvolvimento em projetos com a indústria motivou a produção científica e a empreendedora, assim como a adequação dos conteúdos oferecidos nas disciplinas em diversas instituições, programação esta que pode ser discutida e desenvolvida em equipe.

O INCT-SEC criou a Conferência Brasileira em Sistemas Embarcados Críticos (CBSEC) para reunir as pesquisas desenvolvidas e discutir técnicas e práticas que envolvam sistemas embarcados-críticos e integrar representantes de

### Indústria e academia

Foram realizadas duas edições, a primeira em São Carlos de 11 a 13 de maio de 2011 e a segunda em Campinas de 20 a 23 de maio de 2012. A partir de 2013 a CBPEC passou a integrar a trilha de Sistemas Críticos do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC).

Sabemos-se que os INCTs são não-observados, por instituições no-externas, como “porta de entrada” para a identificação de grupos de pesquisa e o estabelecimento de parcerias, acadêmicas e industriais.

A rede INCT-SEC contribuiu para a constituição do Núcleo de Apoio à Pesquisa INAPI em Robótica, que por sua vez motivou a criação do CIBot (Centro de Robótica) (<http://www2.ime.unicamp.br/cibot/>). O Centro de Robótica nasceu composto por sua maioria por integrantes oriundos do INCT-SEC, que com base na rede formada e nos resultados obtidos com o INCT-SEC, aprofundaram competências em robótica e propuseram o centro enfatizando a robótica aérea, terrestre e aquática. ■

Robótica: MALLONADO, LC.; CAYRES, E S.; BRANCO, R. B. L. L. C. . INCT-SEC: Oportunidades de Parceria em PDI em Sistemas Embarcados Críticos. In: Vanderlei S. Bugnani/Eliane Longa/Wilma B. Barilossara. (Org.). *Cooperação em Inovações Tecnológicas entre Brasil e Itália*. 1ed. São Carlos: Compacta-Crítica e Editora, 2013.



**JOSÉ CARLOS MALLEJONERO** | Professor Titular e Diretor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP), Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1975), mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais pela Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1981) e doutorado em Engenharia Elétrica - Computação e Automação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (1991). Tem experiência acadêmica de Docente de Computação, com ênfase em Engenharia de Software.



**KÁTIA REGINA LOPES JAQUES CASTELLO BRANCO** | É mestre em Ciência de Computação pela Universidade de São Paulo - USP/São Carlos (1998) e é doutora em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo - USP/São Carlos (2004). É professora do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP). Tem experiência na área de Ciência de Computação com ênfase em Sistemas Computacionais (Distribuídos e Redes de Computadores).



**FLÁVIA SERRANO-CAYRES** | É mestra em Comunicação e Investigação Científica de ICMC-USP com sede no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP em São Carlos. Possui graduação em Comunicação Social com habilitação em Jornalismo pelo Centro Universitário de Araraquara (UNUARJ) e graduação em Licenciatura em Letras pela Faculdade de Ciências e Letras (FCL) do Campus de Araraquara da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP).



# AGÊNCIA USP E A INOVAÇÃO DENTRO DO AMBIENTE ACADÊMICO

por Luciana Mônica Ortega e Tereza Cristina Magalhães

# I. Introdução

Obrigatoriamente, todo mundo sabe que inovação é uma palavra que se tornou comum e que vem sendo amplamente reconhecida como um dos principais fatores que impactam positivamente a competitividade e o desenvolvimento econômico. As empresas sabem que é necessário inovar para sobreviver num mundo dinâmico como o atual, onde os produtos não apenas mudam em relação à sua concepção, mas também em seus aspectos funcionais. Não a nível temporal, muitos países desenvolveram isso há várias décadas, mas o Brasil somente há poucos anos. Por isso, o país está tentando acelerar o processo para que a inovação possa, de fato, trazer o mesmo impacto no desenvolvimento que teve para os países da América do Norte e Europa.

Partindo do entendimento de que inovação é o conhecimento sendo incorporado em produtos, processos ou metodologias que tornem a sociedade mais viável ao se difundirem no mercado comercial, a Universidade, como local gerador de conhecimento, possui papel preponderante neste cenário. Há, de fato, agora, de ser atuamente um local para formação de recursos humanos e administradores de cursos, para se tornar mediadores de comportamentos e de habilidades para o desenvolvimento da inovação.

Instituída neste contexto, a Agência USP de Inovação é uma entidade dentro da Universidade de São Paulo no ano de 2004, com o intuito de criar um ambiente que seja propício à prática da inovação, não compatível com outras ações ou instituições. Estando dentro da Academia e pertencente a uma instituição pública, há características específicas a serem seguidas através da atuação da Agência. No, por um lado, o foco da inovação não é necessariamente da própria instituição, podendo ser da sociedade que ela serve, por outro lado ela deve ter certas características empresariais como reagir às demandas de ser

apenas um escritório de registros, um serviço de propriedade intelectual. Certamente, uma Agência de Inovação dentro da USP não pode querer ser um escritório de patentes, e precisa ter toda a corresponsabilidade acadêmica e institucional de uso do conhecimento pelos diversos setores da sociedade. Dentro desta filosofia, a Agência USP de Inovação atua em diversas frentes contemplando um elenco de atividades que vão desde ações para a corresponsabilidade acadêmica (a que inclui conexões com parceiros externos, sendo desenvolvidas neste artigo através de um modelo de operação e seus processos de inovação).



## Modelo de gestão da Agência USP de Inovação

A demanda por participação do setor acadêmico para o desenvolvimento Tecnológico do país, indo além do avanço do conhecimento e formação de recursos humanos, começou a ficar mais intensa com o advento da Lei de Inovação (Lei 10.257/2002). Motivado por esse fato, em 2004 foi criada a Agência USP de Inovação, como Núcleo de Inovação Tecnológica (NITI) da Universidade de São Paulo, nos termos previstos na referida Lei Federal e pela Lei de Inovação Paulista (Lei complementar No. 1009 de 18.06.2006). A Agência está atualmente subordinada à Pró-Reitoria de Pesquisa, sendo liderada por um Coordenador e Vice-coordenador, diversos da Universidade, nomeados diretamente pelo Reitor.

Devido à distribuição geográfica dos campi da USP, a Agência atua de forma descentralizada, através de polos nos campi de São Carlos, Piracicaba, Leme e Ribeirão Preto e campus longe capital, além de sua sede na Capital, assim, é possível oferecer maior e melhor aproximação com o pesquisador. A Agência USP de Inovação possui neste final de 2015, um quadro de 11 funcionários e cerca de 30 estagiários. O elevado número de

estagiários mostra a grande vertente educacional da Agência. Seus funcionários são contratados por concursos seletivos públicos, o que permite a planejamento de atividades e contratação em longo prazo, o que normalmente não seria possível em contratos temporários. Pertencem ao quadro de funcionários os agentes de inovação, com formação mínima em nível superior, nas diversas áreas de conhecimento, contribuindo para o desenvolvimento das atividades e funcionários para apoiar nas áreas de gestão da propriedade intelectual, administrativa, transferência de tecnologia e empreendedorismo e atividades educacionais.

**A proteção da propriedade intelectual gerada pelos pesquisadores da USP é uma importante ferramenta para a inovação que envolve a orientação e o apoio aos pesquisadores para a proteção do conhecimento gerado.**

A realização de atividades por estagiários da Agência, que são alunos USP de diversas áreas, contribui para ampliar a formação dos graduandos de maneira prática, diferenciando-se dos demais estagiários.

Com relação à proteção da propriedade intelectual gerada pelos pesquisadores da USP é uma importante ferramenta para a inovação que envolve a orientação e o apoio aos pesquisadores para a proteção do conhecimento gerado: busca de titularidades em bases de patentes e marcas e definição de estratégias legais e mercadológicas para proteção das criações; notação e depósito de patentes; gestão de portfólio de patentes; juro no âmbito federal,

realização de cursos de capacitação e disseminação sobre temas relacionados, análise e controle dos registros de patentes elaborados por Agência de Propriedade Intelectual; registro de marcas, softwares, cultivares e direitos autorais. Especificamente no caso de patentes, conta atualmente com o auxílio do escritório especializado, contratado por licitação pública, para busca prévia e notação das patentes nacionais, sendo o depósito, acompanhamento e gestão junto ao Instituto Nacional de

## Peça fundamental na gestão da inovação na USP: os pesquisadores participam de todas as etapas.

Propriedade Intelectual (PI) realizadas por equipe interna. A USP é uma das líderes em depósito de pedidos de patente no Brasil, apresentando atualmente 80% pedidos junto ao INPI e mais de 87 patentes. A área de Transferência de Tecnologia está orientada de modo a realizar uma ação proativa para avaliar elementos. Para tanto, visa avaliar o potencial mercadológico de suas invenções e fazer análises das tecnologias envolvidas em de classificá-las. Em caso de sucesso no licenciamento da patente, 80% dos royalties resultam são entregues aos pesquisadores, 10,0% ao departamento de pesquisadores, 6,0% à unidade e 4% à reitoria. Desde a criação da Agência, 33 investimentos foram realizados, e em 2011 quase 600 milhões (sete milhões em royalties. Por parte da iniciativa privada a Agência recebe demandas relativas às áreas tecnológicas de interesse e realiza ações (workshops, reuniões, eventos, bancas de júri, etc.) identificando laboratórios e pesquisadores como o objetivo de gerar novos projetos de pesquisa e desenvolvimento conjunto. Peça fundamental na gestão da inovação na USP os pesquisadores participam de todas as etapas sugerindo o potencial de viabilidade em início da pesquisa, colaborando para a redação dos relatórios descritivos da patente e realizando o processo de transferência da tecnologia e licenciamento.

Nas patentes concedidas a USP (empresa) Agência de Fomento/Patentes, celebradas por Comitê de Pesquisa e um Comitê, a gestão da Propriedade Intelectual é definida em cláusula expressiva, de forma que seja possível estabelecer parâmetros prévios relativos à viabilidade de pedidos de proteção da propriedade intelectual, com suas diversas modalidades, in-



deixando também a própria responsabilidade na gestão e exploração industrial e comercial de resultados das parcerias. No decorrer do ano de 2011 a Agência atua na transição de PPIs convencionais, onde se trata de acordos firmados entre órgãos públicos ou entre órgãos públicos e privados para realização de atividades de interesse comum dos participantes, como desenvolvimento ou aperfeiçoamento de novos produtos ou processos. O apoio jurídico-direcional à institucionalização e execução das políticas de pesquisa e inovação da Universidade é essencialmente justificadamente a análise de questões constitucionais e superação de barreiras legais que dificultam o desenvolvimento da pesquisa e inovação na Universidade. Recentemente também há uma

**Através de uma parceria com o Serviço Brasileiro de Resposta Técnica – SBRT, a Agência disponibiliza, gratuitamente, informações tecnológicas na forma de boletins técnicos.**

necessária jurídica e técnica para formação dos Grupos de Trabalho voltados para as parques e incubadoras conectados à USP.

No área de Empreendedorismo & Educação a Agência atua dar suporte ao empreendedorismo dentro da universidade e na relação entre esta e a sociedade. Essa ação engloba desde a disseminação da cultura empreendedora, passando pelo estímulo à criação de tecnologias dentro da concepção de Spin-Offs, apoio à formação e governança de habitats de inovação (parques tecnológicos, incubadoras e arranjos produtivos locais) vinculados à USP e sua governança, sendo responsável por promover e apoiar a cooperação USP-Empresa. A Agência ainda atua na disseminação de tecnologia através do Programa de Democratização de Tecnologia, que tem como principal proposta a democratização do conhecimento gerado no âmbito universitário.

Através de uma parceria com o Serviço Brasileiro de Resposta Técnica – SBRT, a Agência disponibiliza, gratuitamente, informações tecnológicas na forma de boletins técnicos. Através

dessa maneira o empresário pode consultar respostas técnicas e doutrinárias para melhorar a qualidade de produtos ou processos produtivos nos diversos segmentos de agropecuária, indústria e serviços. Com relação ao estímulo para alunos de graduação a Pós-Graduação de Pesquisa da USP, em conjunto com a Agência, há a Bolsa Empreendedorismo que oferece, anualmente, US\$ 10 mil para alunos regularmente matriculados em qualquer unidade da USP. A Agência ainda oferece, por meio de atividades com docentes e estudantes, cursos para a comunidade interna e externa à USP, como é o caso de disciplinas curriculares optativas livres “Inovação e empreendedorismo”, voltada para alunos da USP, ou Curso em parceria com a FIEESP/CEESP de aperfeiçoamento “Gerenciamento e Execução de Projetos de Inovação Tecnológica”, voltada para profissionais com formação para atuar com gestores de inovação nas empresas. Em termos de parcerias em prol da Inovação e Empreendedorismo, a Agência USP de Inovação promove, constantemente, diversos eventos e parcerias para fomentar a disse-

**O princípio que move as ações da Agência USP de Inovação está no fato de que o ambiente acadêmico precisa ser um gerador de novas ideias em prol da sociedade.**

minuição da cultura de empreendedorismo e da inovação.

Como assim, você se que o princípio que move as ações da Agência USP de Inovação está no fato de que o ambiente acadêmico precisa ser um gerador de novas ideias em prol da sociedade. Cabe, principalmente, aos acadêmicos a geração de ideias, bem como a mensagem de laboratório e a produção e recursos humanos para a troca de conhecimentos, seja esse de natureza científica ou não. Mas fazer isso somente não basta. Quando a ciência está sendo produzida se consegue extrair uma pequena fração para que seja transformada em produtos para suprir uma necessidade da sociedade brasileira e criar riqueza econômica. Ambas são importantes, a geração e

minuição da cultura de empreendedorismo e da inovação.

**Onde entram, então, as empresas? De forma simplificada, pode-se dizer que as três primeiras fases da inovação tecnológica, que vai desde a ideia até o protótipo, podem ser desenvolvidas, com sucesso, no meio acadêmico.**

a aplicação do desenvolvimento, pois a inovação surge, então, das aplicações de ideias inventivas geradas nas instituições educacionais. Assimilar as, portanto, que o ambiente universitário é um ambiente onde não se geram produtos, geram-se ideias. E essas ideias são as sementes que, eventualmente, são cultivadas e colhidas, levando à inovação.

Onde entram, então, as empresas? De forma simplificada, pode-se dizer que as três primeiras fases da inovação tecnológica, que vai desde a ideia até o protótipo, podem ser desenvolvidas, com sucesso, no meio acadêmico. Agora, as ações de pagar a patente de princípios, transformá-la em produto, comercializar e inovar e finalizar o processo da inovação devem ser feitas pela empresa. Assim, a universidade ou empresa devem ser parceiras, a fim de desenvolver de forma saudável os princípios da semente até a colheita da inovação. Em muitos países a inovação é realizada com a empresa (já não algo desconhecido). No Brasil, o estágio de desenvolvimento da ciência para a inovação ainda está se formando. Aqui, a grande maioria das empresas não sequer acredita que é possível utilizar as ideias que nascem nas universidades para melhorar o seu desempenho. A Universidade tem, portanto, o papel de promover levar a cultura da inovação ao setor produtivo por meio de diversas ações. E como a ciência pode ser gerada para finalizar o processo de inovação? Neste sentido, a seguinte UNF de Inovação busca gerar ciência de diversas formas. Uma delas é gerar o estudante compreendendo aquele estudante que vai da universidade diretamente não a buscar emprego, mas sim a gerar emprego. Outra forma é estimular participações de patentes para a formação

de empresas spin-off que saíram das próprias laboratórias de pesquisa, onde ideias são desenvolvidas até a fase de conceitos e muitas vezes até mesmo de protótipos de baseado, mas não avançam para a fase de operação. Assim, a Agência USP de Inovação atua à frente do programa que facilita o surgimento e manutenção dessas empresas spin-off, pois, assim, de alguma maneira, cria a direção para utilizar a pesquisa inovação tecnológica que se vem gerando. Ou ainda, inserindo laboratórios das empresas dentro da própria universidade como forma de aproximar o ambiente empresarial das pesquisas realizadas pela Universidade. Para definir os processos de inovação que combinem as ações da Agência USP de Inovação parte-se do questionamento: Como fazer a interação Universidade-Empresa?



## Atividades em prol da inovação dentro da Agência USP de Inovação

Como forma de responder a esta pergunta a Agência atua em diversas frentes, em sintonia com seis pilares:

**a)** Apoio para a comunidade acadêmica da USP: O grande elenco de ações está voltado para a valorização da atividade de inovação e estabelecimento desta cultura como rotina no meio universitário. Dentre as principais ações encontram-se a Assistência à Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia; Apoio e assistência aos Convênios; Feira de Inovação Laboratório Móvel de Inovação Olimpíada de Inovação; Boletim de Empreendedorismo para alunos no Exterior; campanhas e debates sobre o papel da USP na inovação Tecnológica do País; participação nos eventos da Comunidade USP; Palestras nas Unidades; Presença massiva de estagiários no corpo de gestão da Agência USP de Inovação; Semanas Especiais e a segunda versão do Curso de Inovação e Empreendedorismo para alunos da USP; Também foram iniciada a organização da oficina

de inovação que deverá promover a real “mão na massa” de inovação.

**b)** Agir visando a conexão com parceiros externos. Como forma de gerar a eficiência para a contribuição geral no âmbito da USP, tendo a seguinte educacional em todas as ações que visam conexão com parceiros externos, são priorizadas atividades dentro as quais se cita: Projetos de Cooperação Universidade-Recepção às empresas; Centros de Pesquisa & Desenvolvimento, ações e regulamentação aos Parques e Incubadoras Tecnológicas vinculadas à USP; Cooperação USP/FIESP-CLIEP através de cursos de capacitação para empresários; Mapa do Conhecimento Tecnológico da USP; e o Projeto Inovação para Inovação com o apoio dado ao empresário brasileiro no que tange a obtenção de informações e encaminhamento de projetos em parceria com a USP que estejam atreladas ao tema Inovação. Também participa de eventos internacionais ligados ao tema de Inovação para divulgar conhecimentos, mas também para propagar a forma brasileira de se fazer Inovação. Participa de todos internacionais como a RealInovando, que visa a fortalecer o intercâmbio de melhores práticas no âmbito de inovação de empresas.

**c)** Agir conjuntamente com as iniciativas de Estado de São Paulo, no processo diversas ações conjuntas com as iniciativas do Estado de São Paulo através de Mobilização de Necessidades de Inovação e Indústria de Ação Inovação no meio P&D-Universitário; Participação em Feiras e Anos nas áreas tecnológicas; participações em workshops; ações junto ao Sistema Estadual de Parques Tecnológicos, Associações Jurídicas e Técnicas para formação dos Grupos de Trabalho para Parques e Incubadoras vinculadas à USP;

**d)** **Ações de Inovação com Responsabilidade Social:** A inovação com responsabilidade social é um aspecto que deve ser considerado de elevada importância no meio acadêmico, e a Agência promove este trabalho de forma a tecnologia gerada na universidade para resolução de alguns problemas que sociedade enfrenta, seja na área da saúde, da educação, na de transporte ou das telecomunicações. Diversos exemplos neste programa são ações abrangência nacional, como o programa de Cáncer de Pele, dentre outros. Cita-se a parceria com a ANVISA, o projeto Casa Aberta para difundir ciência aos alunos de ensino médio, o laboratório móvil de Inovação no projeto chamado “USP InovaMóvil”, entre outros.

**e)** **Ações para melhoria da infraestrutura própria:** buscando trazer, através da elaboração e projetos próprios, recursos externos para melhoria da infraestrutura própria de sua sede. Exemplos de contextualização internacional: visando a conhecer e analisar as iniciativas de sucesso e formas de se fazer Inovação no contexto mundial para através de cursos de mestrado incluir conteúdo de alunos, docentes, mas também de sua funcionalidade e outros centros de referência mundialmente conhecidos na área. A USP tem investido na capacitação e acolhagem dos funcionários da Agência USP de Inovação, por meio de suporte financeiro e estrutural para participação nos principais cursos, seminários, workshops, fóruns, encontros e palestras ligados à área de Inovação.

## Considerações Finais

A Universidade de São Paulo está consciente de seu papel dentro do processo de inovação do país. Entende, também, que inovação em nosso país vai além de “negócios”. É preciso criar a cultura, os diálogos e mais ainda o hábito de olhar e aproveitar as oportunidades que surgem das pesquisas. A melhor infra-

# IV.

Ensinar de país para realizar a inovação está no meio acadêmico e deve ser aproveitada pelo setor produtivo. Claro que existem muitas barreiras que vão além de fontes de financiamento. As empresas também devem ser mais bem preparadas com laboratório ou departamento de pesquisa e desenvolvimento de modo a serem a ponte entre a empresa e a universidade onde se torna necessário fazer uma conjugação de esforços. A melhoria da inovação nas empresas brasileiras deve passar por um avanço radical. Isso, no entanto, não ocorrerá sem a massiva participação das universidades. A USP certamente está se preparando para tal ação. ■



**LUCIANE SIMÕES DE OLIVEIRA** | Possui graduação em Economia (LFEA/1995) e em Administração de Empresas (LADM/1998), com títulos em Engenharia de Produção (LPECA/1999) e licenciada em Engenharia Mecânica (LME/2001). Desde 2008, é docente na USP tendo atuado em cargos de nível de coordenadora da Agência USP de Inovação. Dentre alguns dos projetos que lidera tem: o Programa Empreendedorismo Escola, Grupo de Estudos sobre Habilidades de Inovação e Grupo de Estudos sobre Empreendedorismo Inovador.



**VANDERLEI SALVADOR BAGNATO** | Filósofo em Física pela Massachusetts Institute of Technology (MIT). É Professor Titular do Instituto de Física de São Carlos, Professor Colaborador do INCT e Coordenador da Agência USP de Inovação. É responsável pelo programa CEPIS - INCT em área de óptica e fotonica. Coordena o projeto de Biologia Aplicada em Foco de Luz, pesquisa e desenvolvimento de laser sintonizável em fibra óptica Laika e coordena projetos com lasers ópticos de diagnóstico e tratamento de câncer.

---

# TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E DESAFIOS

---





# VISÃO COMPUTACIONAL, SEGURANÇA E COMUNICAÇÃO EM VEÍCULOS AUTÔNOMOS:

## TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E DESAFIOS

por José Benedito Ferraço Filho, Luciano Lúcio,  
Tânia Regina Tronco e Marco Aurélio Tronco

Os veículos modernos são controlados por complexos sistemas computacionais inteligentes, os quais controlam milhões de linhas de código executadas por dezenas de processadores conectados por redes locais ou expostas em diferentes camadas. Atualmente, estima-se que um veiculo de linha tradicional controla mais de 100 Megabytes de código binário expostos por cerca de 60 processadores independentes (Eletronic Control Units - ECUs) [1]. Tais unidades são conectadas por meio de redes localmente discriminadas Controller Area Networks (CAN) - padrão ISO 11898 [2]. Em um veículo autônomo, a complexidade é ainda maior. Além dos sistemas já conhecidos, ele carrega uma complexa rede de sensores, faz interface com uma ou mais redes públicas/ou privadas e ainda se comunica com outros veículos em movimento.

Este cenário requer o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a superação de diversos desafios tecnológicos nas áreas de visão computacional, segurança e comunicação.

A Visão Computacional (VC) é uma tecnologia que caracteriza informações de interesse em uma imagem, relacionada ao problema visual a ser analisado e solucionado.

A VC em veículos autônomos emprega técnicas estatísticas e cognitivas com base na informação visual, aplicadas aos

**Em geral, um sistema de VC engloba as etapas de aquisição de dados, pré-processamento, segmentação, extração e normalização de características da imagem, classificação e reconhecimento de padrões.**

problemas de navegação autônoma durante a locomoção de veículos, em ambientes indoor e outdoor, estruturados ou não. Ainda, o sistema de navegação de veículos autônomos através da VC necessita de um modelo de aprendizagem de direção para previsão e correção de trajetórias no ambiente [16, 19]. Este modelo depende de informações visuais para gerar dados de profundidade e distâncias entre o veículo e os objetos presentes no ambiente.

Em geral, um sistema de VC engloba as etapas de aquisição de dados, pré-processamento, segmentação, extração e normalização de características da imagem, classificação e reconhecimento de padrões.

A aquisição de dados corresponde à etapa sensorial do sistema. Após a aquisição, é realizada uma análise das componentes de interesse e extração de características da imagem, com a detecção de landmarks e informações de profundidade. Então, essas informações são associadas e generalizadas para a construção de um mapa de localização [16, 18]. Trata-se de uma imagem independente de percepção e representação gráfica usada para a percepção visual [19, 20].

Os principais fatores a serem considerados na área de

visão computacional para o desenvolvimento de técnicas inovadoras de navegação autônoma são:

- O ambiente é dinâmico, bastante suscetível a fatores climáticos que podem influenciar no processamento das imagens (muito comuns em áreas abertas, como ambientes agrícolas e ambientes desestruturados);
- Em caso de terrenos irregulares e texturizados, métodos para considerar estas características devem ser considerados;
- Regiões não homogêneas podem atrapalhar a segmentação de áreas de interesse, principalmente em ambientes rurais;
- Fatores físicos como intensidade luminosa, sombras, reflexos, efeitos de difração e refração podem também influenciar no processamento das imagens.

Esses fatores são encontrados principalmente em ambientes desestruturados e abertos (outdoor).

**Na área de Segurança, tanto os modernos veículos (convencionais como os futuros veículos autônomos) apresentam diversas vulnerabilidades, algumas relacionadas a processos, outras relacionadas com as aplicações, redes, sistemas operacionais, firmware e hardware.**

Na área de Segurança, tanto os modernos veículos convencionais como os futuros veículos autônomos apresentam diversas vulnerabilidades, algumas relacionadas a processos, outras relacionadas com as aplicações, redes, sistemas operacionais, firmware e hardware. Tal situação abre possibilidade para um sem número de vetores de ataques, comprometendo o funcionamento certo desses veículos.

A análise de vulnerabilidades em veículos convencionais não é um trabalho recente. Várias artigos têm sido publicados documentando as potenciais vulnerabilidades, documentando principalmente as limitações de segurança de ferramentas CAN [\[7\]](#), [\[8\]](#),

Desde elas, destacam-se:

- Difusão de sinal no barramento: todas as ECUs costumam o que está sendo transmitido no barramento. Portanto um componente malicioso pode analisar o tráfego e inserir pacotes maliciosos para outras ECUs do barramento;
- Denial of Service: o protocolo é frágil e esse tipo de ataque, permitindo que um só sistema indefinidamente a conexão de unidade dominante no barramento;
- Ausência de campo de identificação no pacote não são autorizados, permitindo que qualquer ECU envie indefinidamente pacotes para outros nós da rede;
- Controle de acesso frágilizado ou não utilizado.

Os vetores de ataque podem ser agrupados em diferentes tipos de acesso: físico (direto e indireto), rede sem fio de curto alcance e rede de fio de médio e longo alcance [9].

## Acesso físico

Os automóveis modernos possuem várias interfaces físicas que podem dar acesso direto ou indireto às suas redes. Uma pessoa que tiver acesso às interfaces físicas do veículo pode inserir um componente malicioso na sua rede interna. O quadro de interface atualmente utilizado é o OBD-II (On-Board Diagnostic), que é uma porta que possibilita acesso ao barramento CAN. Esta porta é acessada por técnicos para manutenção de rotina, programação das ECUs, assim como atualizações dos firmwares. Em geral, tais atualizações são feitas utilizando-se um notebook. Portanto, tem-se aí um ambiente propício para os ataques.

Outra importante classe de acesso físico são os sistemas de entretenimento, tais como CD-player, portas multimídia tipo USB, interfaces para iPod e iPhones. Alguns modelos permitem o controle do sistema de entretenimento a partir dos

dispositivos das próprias veículos. Tais interfaces trabalham com a tecnologia CAN. Portanto, tais sistemas são também considerados vetores de ataque às ECUs dos veículos.

## Acesso via rede sem fio de curta distância

Este tipo de acesso inclui a protocolo de rede Bluetooth, bastante utilizado para o sistema de aberturas e fechamento remoto de portas, medida de pressão de pneus, clonagem com RFID, dentre outros. O Bluetooth se trata de um padrão de interface e possui um alcance limitado a 10 metros. Alguns fabricantes também oferecem acesso WiFi em seus veículos para prover um hot spot para acesso à internet via redes de dados da operadora móvel.

## Acesso via rede sem fio de média e longa distâncias

Tal acesso pode ser dividido em duas classes:

- Canais broadcast, como, por exemplo, o GPS, rádio-satélite (exemplo, SiriusXM receiver), rádio digital, Radio Data System (RDS), Traffic Message Channel (TMC);
- Sistemas embarcados que utilizam geralmente os canais de dados das prestadoras móveis. São utilizados, para prover serviços de segurança em caso de colisão, diagnósticos de funcionamento, entre, etc.

A tabela a seguir mostra as diferentes classes de vulnerabilidade identificadas em [8], qual o canal utilizado, forma de implementação, viabilidade para o ataque, a escala de propagação do ataque e custo de implementação.

Classe de vulnerabilidade	Condição	Forma de implementação	Impacto no país ou usuário	Exatidão	Categoria de risco à segurança
Acesso físico direto	Fone CBO-E	Cópia direta do porta-voz	Não	Frequentemente	Baixo
Acesso físico indireto	CD	Ativação de funções via CD	Não necessariamente	Frequentemente	Baixo
Acesso físico indireto	CD	Ataque remoto	Não necessariamente	Baixo	Baixo
Acesso físico indireto	Dispositivo físico	"Microspionagem" via rede celular	Não	Alto	Baixo
Acesso remoto via distância	Bluetooth	Buffer overflow via Android Trojan app	Não	Grande	Baixo-médio
Acesso remoto via distância	Bluetooth	Identificação do endereço MAC, ataque força bruta ao PIN e buffer overflow	Não	Frequentemente	Baixo-médio
Acesso remoto longo distância	Fone celular	Chamada de voz feita via autenticação e buffer overflow usando vulnerabilidade	Não	Grande	Baixo-alto

Nos veículos autônomos, além das vulnerabilidades presentes nos veículos convencionais, adicionam-se aquelas relacionadas às suas redes de sensores avançados e as ECUs dedicadas a stabilizar a condução dos veículos sem a ajuda do motorista. Além disso, tais veículos possuem conexão permanente com outras redes, como, por exemplo, a internet, redes privadas, e também se comunicam com outros veículos. Segundo os especialistas de ECE, em 2025, 60% dos veículos que trafegam nas estradas estarão conectados à internet [10].

Portanto as vulnerabilidades deste complexo sistema aumentam em proporção significativa e a segurança

**As vulnerabilidades deste complexo sistema aumentam em proporção significativa e a segurança da informação deverá assumir um papel preponderante**

da informação deverá assumir um papel preponderante. O mais preocupante é que tradicionalmente tais sistemas embasados nunca tiveram os requisitos de segurança como prioridade dos fabricantes. Alguns requisitos mandatórios para a segurança dos veículos autônomos são:

- Disponibilidade 100% do tempo para as funcionalidades de missão crítica;
- Comunicações intra e extraveículo totalmente seguras, para as redes cabeadas e sem fio, isso demanda o uso intensivo

de técnicas de criptografia nos protocolos de rede e nas aplicações:

- Proteção segura de download de software;
- Controle de acesso seguro para atualização de dispositivos;

- Integridade de software e de hardware;
- Proteção contra roubo e fraude;

• Utilização de metodologias de desenvolvimento segura para produção de código mais robusto.

Alguns desafios atuais para desenvolvimento de sistemas

embora de acordo [21] são:

- Limitações de capacidade de processamento e memória, sendo mais suscetíveis a ataques tipo DoS;
- Limitações quanto à utilização generalizada de algoritmos criptográficos, podendo comprometer o desempenho das aplicações de tempo real;
- Muitos sistemas não utilizam os sistemas operacionais tradicionais, impossibilitando os desenvolvedores de utilizar

**Pesquisas realizadas nos últimos quatro anos comprovam os riscos associados aos modernos sistemas computacionais dos automóveis atuais. Por que as vulnerabilidades até o presente momento não foram tratadas pelos fabricantes?**

soluções de segurança prontas como por exemplo OpenSSH, SSH, HTTPS, etc.

Pesquisas realizadas nos últimos quatro anos comprovam os riscos associados aos modernos sistemas computacionais dos automóveis atuais. Por que as vulnerabilidades até o presente momento não foram tratadas pelos fabricantes? Talvez pela falta de um conhecimento profundo de na área de segurança de informação, neste tipo de indústria, os sinais pouca tais veículos não estejam interconectados entre si e às redes públicas e privadas em número significativo, similar ao que ocorreu nos desktops no início da década de 90. Tal analogia sugere que os ataques aumentaria significativamente com a conexão dos automóveis às redes, assim como ocorreu com os PCs. Portanto, muitas lições aprendidas na década dos PCs poderão ser utilizadas para esse ambiente [21].

Além disso, sugere que os ataques aumentaria significativamente com a conexão dos automóveis às redes, assim como ocorreu com os PCs. Portanto, muitas lições aprendidas na década dos PCs poderão ser utilizadas para esse ambiente [21].

No caso dos futuros veículos autônomos, considerando-se que a tecnologia ainda está numa fase embrionária, existe uma oportunidade concreta para se construir sistemas utilizando metodologias de desenvolvimento seguro desde sua fase inicial. Nos desenvolvimentos tradicionais



de sistemas, as exigências de segurança naturalmente são prioritárias, desde as mais custo-e prazos restritas. Porém, no caso das veículos autônomos, a busca por mais segurança de seus ocupantes, associada ao receio das fabricantes pelas potenciais ações judiciais, poderá motivá-las a priorizar tais requisitos. ■

## Referências

- [1] KOSCHKE, E. et al. (2014), "Experimental Security Analysis of a Modern Automobile". IEEE Symposium on Security and Privacy, 2014.
- [2] ISO 26262-1:2011 - "Road vehicles - Controller Area Network". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2011.
- [3] GONZALEZ, R. C. e WOODS, R. E. (2007). "Digital Image Processing". 3rd. New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc. ISBN 0130319146.
- [4] POENYTH, D. A. e POONCE, J. (2002). "Computer Vision: A Modern Approach". Prentice-Hall - 3rd ed., ISBN 0130319146.

- [5] UELAND, J. C., "Técnicas de Visão Computacional Aplicadas ao Reconhecimento de Ceras Nacionais e Laceração Autônoma em Robôs Agrícolas Móveis". Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- [6] FLORGEYK, S. (2005). "Robot Vision: Vision-based Indoor Exploration with Autonomous and Mobile Robots". WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN 3-527-40344-5.
- [7] LARSON, U. E. and NEUSON, D. K. (2008). "Securing Vehicles Against Cyber-Attacks". In CSISW-08 Proceedings of the 4th Annual Workshop on Cyber Security and Information Intelligence Research, pages 1-5, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [8] WOLF, M., WEIMERSCHICH, A., and WOLLINGER, T. (2007). "State of The Art: Embedding Security in Vehicles". EURASIP Journal on Embedded Systems, 2007.
- [9] CHECHONOV, S. et al., (2010). "Comprehensive Experimental Analysis of Automotive Attack Surfaces". USENIX Security, August 10-12, 2011. <http://www.usenix.org/publications-security2011.pdf>. Accessed on 18/11/2013.
- [10] <http://en.prnewswire.com/news-releases/the-road-for-high-speed-levi-experts-predict-48-percent-of-the-vehicles-on-the-road-will-be-internet-enabled-by-2015-211479661.html>. Accessed on 18/11/2013.
- [11] HUSSAIN, M. (2010). "Inside Connected Vehicle". TechTalksKPT, Volume 6, Issue 4, 2010. Unpaginated. <https://www.digit.com/download/tech-talk-talk-cc-4cc-2010.pdf>. Accessed on 26/03/14



**JOSÉ RIVALDO FORMIGONI FILHO** | é graduado em Engenharia Elétrica e mestre em Engenharia de Sistemas pela Universidade de Campinas. Ingressou no CQFD em 2006, atuando como consultor e pesquisador em diferentes projetos nos setores de telecomunicações, financeiro e elétricos. De 2004 a 2010 foi gerente de estratégia e inteligência corporativa. Desde o final de 2004 gerencia a área de Tecnologia de Segurança da Informação e Comunicação.



**EDVANDRO CARLOS LEITE** | é Pesquisador de Níveis de Ensino e Pesquisador em Automação e Simulação (NUPES) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de São Paulo. Como aluno de doutorado, atua no projeto Agribot, na área de robôs computacional e realidade aumentada. Também participa de projetos de pesquisa em computação reconstrutiva e realidade, sistemas de controle e algoritmos inteligentes em sistemas embarcados.



**TATIANA REGINA TRONCO** | é mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1992). Foi no programa de doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos, (USF), na área de redes ópticas cognitivas. É pesquisadora de telecomunicações da Fundação CQFD e atua na Diretoria de Gestão da Inovação. É autora de livro Redes de Nova-Generação e autora de cinco capítulos e organizadora de livro "New Network Architectures: The Path to the Future Internet".



**MÁRIO LUZ TRONCO** | possui graduação em Engenharia Elétrica concluída em Eletroeletrônica pela Universidade de São Paulo (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente é professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da EESC - USP. É professor orientador junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da EESC - USP - São Carlos.

# LINHA DE PRODUTO DE SOFTWARE PARA APLICAÇÕES CRÍTICAS

2007 Bruno Oliveira, Edson Oliveira Neto,  
André Carlos e Renato Braga

RECURSOS DE LOCALIZAÇÃO E INCORPORAR UMA PARTE DA  
EXPERIÊNCIA DE SOFTWARE ABERTAMENTE CONECTADO, NUNCA  
TEM SIDO USADO ABERTAMENTE EM ORGANIZAÇÕES E PRÁTICAS DE  
SOFTWARE DESDE REPOSITÓRIOS DE CLASSES OU SUBROTINAS,  
INCORPORANDO RECURSOS DE LOCALIZAÇÃO DE VÁRIOS NÍVEIS, A  
LINHA DE PRODUTOS DE SOFTWARE.



**A** DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE SOFTWARE HAVE CONFORME AS EXIGÊNCIAS DE QUALIDADE, OPORTUNIDADE DO SISTEMA E O QUÃO CRÍTICO O DOMÍNIO DE APLICAÇÃO. A FILHA DE APLICAÇÕES CRÍTICAS, COMO AS AERONÁUTICAS, DE SEGURANÇA, INDUSTRIAIS E MÉDICAS, PODE LEVAR A ACIDENTES DE GRANDES PROPORÇÕES QUE ENVOLVEM PERDA DE VIDAS OU DESASTRES AMBIENTAIS. DESSA FORMA, OS SISTEMAS DESENVOLVIDOS PARA ESSAS APLICAÇÕES DEVEM OBEDECER A PRÁTICAS E OUTRAS CERTIFICAÇÕES PARA FUNCIONAMENTO.

Entanto, um processo de software bem definido é uma exigência e não uma alternativa. Língua de produção de software (LPS) é uma abordagem para produção de software, com o qual se desenvolver um conjunto ou família de produtos com foco em um domínio específico, por exemplo, software para Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Os produtos de uma mesma família possuem uma arquitetura essencial comum, como um que não destinados ao mesmo domínio, mas também possuem características variáveis para satisfazer a diferentes requisitos específicos. A abordagem de LPS se correlaciona com o paradigma atual como uma

forma sistemática de reutilização de artefatos de software, tanto na indústria quanto no acadêmia. As técnicas de LPS são amplamente utilizadas na indústria de sistemas embarcados, como nos áreas automotiva, aeronáutica e eletrônica. Elas são vistas como uma forma de lidar contra a complexidade das próprias com o número de variações que ocorrem nos modelos dos mesmos tipos de sistemas. Tem-se, por exemplo, a LPS que representa família de séries da Airbus, composta pelas modelos A-318, A-319, A-320 e A-321. São aeronaves com 100 a 220 lugares, construídas por 60 Países

**As técnicas de LPS são amplamente utilizadas na indústria de sistemas embarcados, como nas áreas automotiva, aeronáutica e eletrônica.**

A-321 - São aeronaves com 100 a 220 lugares, construídas por 60 Países



motores e de equipamentos de controle e navegação (Clements e Scottroy, 2001). Empresas de grande porte especializadas em desenvolvimento de sistemas de software complexos, como a Volvo, apresentam relatos de experiências no uso e adoção de abordagens de LPS (SLI, 2000). Em alguns relatos, a redução dos custos com desenvolvimento de sistemas chegou 75% (Busch e Busch-Spicer, 2000).

As aplicações críticas geralmente envolvem hardware e software. Dessa forma, há a necessidade de processos, métodos e linguagens específicos. Essas necessidades demandam uma adaptação das abordagens de LPS existentes de forma a levar em conta práticas da indústria que motivem a transferência de tecnologia.

Podemos apontar que as principais ideias a serem consideradas nos conteúdos incluem:

### **Engenharia Guiada por Modelos**

#### **Model Driven Engineering - MDE**

É uma abordagem que propõe o uso de técnicas transformacionais em projetos de sistemas, para que a fase de implementação seja automaticamente derivada da especificação de modelos. Nesta abordagem, modelos são os principais artefatos do processo de software. A MDE utiliza linguagens específicas de Domínio (Domain Specific Language - DSL) e Mecanismos de transformação e Geração. As DSLs formalizam a estrutura, comportamento e os requisitos de um determinado domínio, exemplos são SysML e ModelDrivenML. Os mecanismos de transformação são capazes de interpretar a informação contida nos modelos para produzir formal automaticamente modelos mais detalhados, código-fonte, arquivos de configuração entre outros.

#### **DSLs**

No contexto de sistemas embarcados destacamos as linguagens SysML e ModelDrivenML (Modelica<sup>3</sup>) pelo seu amplo uso tanto na academia quanto na indústria. SysML é uma lin-



programa para especificação de sistemas embarcados, derivado de UML, oficialmente adotado e padronizado pela OMC. SysML permite a modelagem de blocos, em vez de classes, com o objetivo de ter um vocabulário mais próximo ao utilizado na engenharia de sistemas. Matlab/Simulink é amplamente utilizado na indústria para especificação de sistemas embarcados devido aos recursos que oferece que incluem blocos predefinidos e facilidades para geração de código. Porém, durante o desenvolvimento de um sistema embarcado, diversas linguagens de modelagem são usadas para representar os níveis de abstração necessários. Por exemplo, no desenvolvimento de sistemas autônomos, a linguagem Simulink pode ser usada para descrever as funcionalidades do sistema de controle, enquanto a arquitetura geral do sistema pode ser melhor descrita em SysML.

### LPS e Gerenciamento de Variabilidade

Os produtos de uma LPS possuem características comuns (similaridades) e características que variam de acordo com as requisições de cada produto (variabilidades). O gerenciamento de variabilidade é uma das atividades mais importantes do desenvolvimento e evolução de LPS. Por meio dessa atividade é possível identificar, representar e rastrear de forma clara e não ambígua, as variabilidades existentes em uma LPS. Assim, produtos específicos podem ser gerados de forma consistente, possibilitando maior qualidade de tais produtos e retorno de investimento. Várias abordagens têm sido propostas na literatura para gerar variabilidades. No contexto dos nossos trabalhos, foi produzida a abordagem SMatry, que é composta por um perfil UML e um processo que define diretivas para identificar, representar e rastrear variabilidades em modelos UML.

### Teste de LPS

Um dos desafios de teste de LPS é o respeito ao grande número de testes que podem ser necessários para testar cada um dos



produtos gerados. O problema é que testar totalmente uma LPI é uma tarefa muito mais inviável ou no mínimo muito custosa, pois cada componente gráfico de uma LPI, bem como os componentes específicos de cada produto, necessitam ser testados. O problema se agrava à medida que os pontos de variabilidade de uma LPI crescem, aumentando exponencialmente a complexidade e número de testes. A principal questão aqui é como reduzir testes redundantes e minimizar o número de testes não somente através da otimização de análises de teste, mas também pela utilização de métodos de geração de sequências de teste no contexto de LPIs (ex. FSJ, W e UCI). Esses métodos foram desenvolvidos originalmente para auxiliar a redução do número de casos de teste de aplicações geradas a partir do paradigma de desenvolvimento de sistemas lineares. No entanto, poucos trabalhos aplicam esses métodos para diminuir a quantidade de casos de teste de produtos gerados a partir de LPIs. Portanto, é necessária a investigação de como os diferentes métodos de geração de sequências de teste existentes na literatura podem ser adaptados e/ou aplicados para reduzir o número de testes de aplicações derivadas a partir de LPIs.

### **Engenharia de Software Experimental**

A validação experimental é fundamental para observar evidências de que os métodos propostos são viáveis e melhores do que os existentes. No contexto do projeto INCT-SEC, estudos empíricos são não planejados e conduzidos em ambientes controlados visando observar evidências acerca das técnicas que vêm sendo adotadas para sistemas embarcados críticos.

Uma das pesquisas produzidas no contexto do projeto INCT-SEC considera as técnicas acima apontadas para gerar uma LPI para sistemas embarcados de missão (SAMPLES). A abordagem SAMPLES é derivada do método COSEM (Etkin 2000) usado na engenharia de sistemas e também é derivada da abordagem Marty usado na representação de variabilidade para UML.





SyMPLES é composta de dois perfis, que são orientados para a linguagem SyMML, criadas por meio dos mecanismos de profiling e dois processos formados por um grupo de atividades e um conjunto de diretrizes para cada atividade, que sistematiza a execução do processo. Um dos perfis (SyMPLES-Profile'04) é formado por um grupo de estereótipos cujo objetivo é fornecer uma semântica adicional aos blocos SyMML. Assim, é possível associar um determinado tipo de comportamento a um bloco padrão (SyMML), para facilitar a especificação de sistemas orientados. O segundo perfil (SyMPLES-Profile'06) é utilizado para representação de multi-atividades. A partir de um conjunto de estereótipos e valores estereótipados (tagged values), é feita a representação dos artefatos em SyMML.

Além da linguagem de domínio da LPS, a linguagem de aplicação também foi desenvolvida na qual a linguagem ATL-CTL45 Transformations Language foi utilizada para auxiliar na transformação de modelos SyMML para Simulink.

Uma outra área sendo investigada no contexto do projeto INC-T-SEC é uma abordagem baseada em casos de segurança para apoiar a desenvolvimento e certificação de LP de sistemas críticos do domínio de NNTs. Sistemas críticos geralmente requerem certificação por entidades autorizadas por meio padrões estabelecidos, como por exemplo o DO-178C-RTCA, EUROCAST e ARP 4761 EASA, 1999. Existem alguns desafios quando se trata de certificação de LPS, já que as entidades certificadoras em geral tratam os produtos de software individualmente, embora em uma LPS possa haver produtos com diferentes origens em termos de níveis de certificação. Outro desafio é compatibilizar o nível de certificação de acordo com os contextos de uso do sistema. Por exemplo, em NNTs, dependendo da criticidade da missão esse nível pode ser maior ou menor. Além disso, a certificação não envolve somente o produto final, mas também o processo de desenvolvimento, em que são exigidas evidências de cumprimento das



políticas recomendadas pelos públicos. Por fim, em domínios de sistemas embarcados críticos de alta integridade, como os VLSMs, é necessário considerar o impacto da interação entre características no processo de análise de segurança (*safety analysis*) e de argumentação de segurança (*safety assurance*), em que a seleção de determinadas características de LPS afeta a seleção dos requisitos de segurança e da estrutura da argumentação de segurança do sistema derivado da LPS. Para resolver esse problema, está sendo proposta uma abordagem multiponto de vista, que consiste no desenvolvimento dos processos de desenvolvimento de LPS em níveis de abstração, para elaborar uma abordagem dirigida a métodos que gerencie o impacto de interação entre características nos processos de *safety analysis* e *safety assurance*. Tal abordagem tem o objetivo de fornecer diretrizes para a geração de ativos de *safety analysis* e *safety assurance* de LPS de sistemas embarcados em conformidade com padrões de certificação como ARP 4754 e EDO 175C.

É importante que pesquisas continuem sendo desenvolvidas na área de linha de produto para sistemas embarcados críticos devido ao seu potencial de aplicação e benefícios sociais e econômicos que podem trazer. Nesse contexto, um maior envolvimento da indústria nacional seria essencial para que os métodos propostos sejam mais próximos da realidade e que possíveis políticas sejam obtidas. ■

## Bibliografia

- Bauch, L.; Bessis-Lijewski, P. From Integration to Composition: On the Impact of Software Product Lines. *Global Development and Ecosystems, Eric Journal of Systems and Software*, v. 45, n. 1, p. 67-76, 2018.
- Clements, P.; Northrup, L. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Boston: Addison-Wesley, 2004.

- Lykins, F. M. *Adapting UML for an Object-Oriented Systems Engineering Method (OOSEM)*, Proceedings of the IEEE International Symposium, Minneapolis, 2000.
- Comas, H. *Designing Software Product Lines with UML: From Use Cases to Pattern-Based Software Architectures*. Redwood City, CA, USA: Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2006.
- ETCA. DO-178B – *Software considerations in airborne systems and equipment certification*. Radio Technical Commission for Aeronautics/RTO/CAE/Doc ed-128-DO178B, dec 1991, RAO 178C, nov 2011.
- SAE INTERNATIONAL. *STD-178B: Guidelines and methods for conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment*. SAE International Standards. (Dispositivo em: <<https://standards.sae.org/arp178b/>>. Acesso em: 05/03/2014, 1996).
- ISI. *Hall of Fame online 2010*. (Dispositivo em: <[http://www.isi.com/casade/products/hof/hof\\_index.html](http://www.isi.com/casade/products/hof/hof_index.html)>. Acesso em: 20 dec. 2011).



**FLÁVIA MARIA DE SOUZA CLEMENTS** | É professora titular em Engenharia de Software na Universidade Estadual de Maringá. Foi pós-doutorado no School of Computer Science, University of Toronto, then Ph.D. em Ciência da Computação na University of York, Departamento de Ciência da Computação, Pós-Graduação da Comissão Especial de Engenharia de Software da MEC, Associação e coordenadora local (LEMI) do Instituto Nacional de Tecnologia para Sistemas Embarcados Críticos.



**EDSON OLIVEIRA DINIZ** | É doutor pela Universidade de São Paulo (USP) e professor adjunto do Departamento de Informática da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Possui experiência na área de Ciência da Computação com ênfase em Engenharia de Software, atuando em temas como Processos de Software, Linha de Produto de Software, Avaliação de Arquitetura de Software e de Linha de Produto, Linha de Processo de Software, Gerenciamento de Variabilidade, entre outros.



**ANELINO FRANCISCO ZORZO** | Mestre em Ciência da Computação pela UFPA, doutor em Ciência da Computação pela Newcastle University (UK) e pós-doutor na área de segurança na Cybercrime and Computer Security Centre da Newcastle University, avaliador e professor titular e membro do Comitê de Ética em Pesquisa da FAPESP, Diretor de Articulação com Empresas da MEC, avaliador de condições de ensino do Ministério da Educação, conselheiro ad hoc do CNPq, CAPES e da FAPESP.



**ROMANA BRAND** | É professora e pesquisadora no Departamento de Informática/Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) desde 2004. Formada em Bacharelado em Ciência da Computação em 1986, atua como docente, pesquisadora e sócio-fundadora da FPA. Orienta alunos de mestrado e doutorado na área de Engenharia de Software, também no USM-USP. Realizou sua pós-doutoramento em 2011/12 em Lancaster, Reino Unido.

# REDES DE SENSORES SEM FIO

## UM NOVO PARADIGMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE

Alta Resolútilidade e  
Baixa Custo Branco

REDES DE SENSORES SEM FIO (RFID) SÃO COMPOSTAS POR NÚMEROS DE NÓS E CONSIDERADO UM COMPUTADOR DE REDE QUE POSSUEM CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO, COMUNICAÇÃO SEM FIO, SENSORES DE DIVERSOS TIPOS, TÃO COMO LUMINOSIDADE, TEMPERATURA, PRESSÃO, PH, ETC. DESSA FORMA, PODERÃO CONSIDERAR UMA REDE COMO UMA REDE DE PEQUENOS COMPUTADORES QUE SE COMUNICAM POR MEIO SEM FIO E SENSORIAR O AMBIENTE DAQUELE PUNTO ESPECÍFICO.

## Existem diversas diferenças entre as RBSF e outros tipos de redes de computadores dentro delas

1) **Modo de endereçamento em uma rede de computadores normal** é através especifica qual máquina quer acessar, ex.: <http://www.ufrnet.br/~vcc.org>. Desta forma, o endereço da máquina é especificado pelo usuário. Em uma RBSF o usuário especifica uma área a ser monitorada, ex.: Qual a temperatura da minha sala, ou da minha cozinha? Logo, o usuário deseja saber o valor da temperatura da sala, não importando qual máquina da rede terá retornar tal informação.

2) **Restrição de recursos** atualmente estamos habituados a trabalhar com máquinas com um bom poderosas com grande quantidade de memória RAM e processamento por exemplo. As características das máquinas atuais, as RBSF são compostas por "computadores" com processadores de baixa capacidade, pouca memória e fonte de energia limitada. Logo, o modo de como as informações são armazenadas é totalmente diferente do paradigma atual.

3) **Computação Anticorrupção** Imagino o paralelo que seria para um administrador de rede, gerencia, instala e dar manutenção para redes com milhares ou milhões de redes... Esta é a realidade de uma RBSF [4] que possuem um baixo custo por rede e são implantadas em áreas com grandes extensões, são necessárias milhares ou algumas vezes milhões de redes. Tomando a esta problema, muitas vezes as RBSF são implantadas em locais de difícil acesso ou ainda inóspitos. Desta forma, as redes devem ser autônomas, ou seja devem se autoconfigurar, auto-cobrir e auto-gerenciar, eliminando a necessidade de intervenção humana direta.

4) **Comunicação sem fio** Esta talvez seja a maior diferença em ter as redes normais (atualmente várias máquinas possuem interface sem fio, porém as redes atuais foram concebidas para ser

clonar um canal e as redes de computadores normais. Além de as RISP serem baseadas quase que exclusivamente em interfaces sem fio, elas são implantadas em áreas com grande ocorrência de interferência eletromagnética (ex.: plantas industriais), o que dificulta a garantia de comunicação.

3) **Fraça de Validade dos Dados:** a interação das RISP com o ambiente impõe condições temporais que não eram utilizadas em redes de computadores normais. Por exemplo, imagine que você está utilizando uma RISP para monitorar uma casa, de modo a fazer você enviar um alerta de incêndio com um atraso de 30 minutos. Logo, os dados coletados possuem um prazo de validade que deve ser respeitado.

Quando as RISP surgiram, as aplicações eram bastante distantes da realidade da época. Quando converso com colegas da área brincamos que ficávamos apagando e acendendo leds nos locais. Atualmente, devido ao barateamento e relativa popularização da tecnologia existem diversas aplicações que baseadas em RISP. Por exemplo:

---

**Quando as RISP surgiram, as aplicações eram bastante distantes da realidade da época. Quando converso com colegas da área brincamos que ficávamos apagando e acendendo leds nos locais.**

---

**Automação Industrial:** a substituição das redes de computadores de chão de fábrica por RISP é uma real necessidade das indústrias atualmente, o que possibilita a gama de aplicações de automação e hardware e implantação de redes. A principal vantagem está na substituição de sensores e atuadores cabeados por redes sem fio.

**Monitoramento ambiental:** as RISP podem ser implantadas em áreas de risco de desastres para monitoramento de enchentes, monitoramento de qualidade e consumo de água potável ou ainda para o monitoramento de níveis de umidade e temperatura e ocorrência de incêndios.

em florestas.

**Casos inteligentes:** Imagine que sua casa seja capaz de regular a temperatura, luminosidade ambiente e além disso economizar energia e água. Atualmente existem diversas pesquisas nesta área que vão expor de forma clara e simples a modo como elevar e otimizar recursos naturais.

**Agricultura de Precisão:** O Brasil possui uma grande vocação agrícola. Entretanto grande parte de nossas culturas não possui automação sofisticada. Desta forma, grandes quantidades de insumos e água são desperdiçadas, o que aumenta o custo da produção e diminui a qualidade dos produtos. As RSSF podem ser

---

**As RSSF podem ser utilizadas para controlar a irrigação, quantidade de adubos e pesticidas utilizados nas plantações.**

---

utilizadas para controlar a irrigação, quantidade de adubos e pesticidas utilizados nas plantações. Desta forma, além de economizar recursos naturais e financeiros podemos aumentar o valor agregado de nossas commodities agrícolas.

Atualmente, as RSSF ainda são relativamente caras, o que dificulta a implantação em larga escala. Apesar disso, algumas aplicações como monitoramento ambiental e agricultura de precisão já justificam o investimento. Além disso, a comunidade de pesquisadores não é suficiente para suprir a demanda do mercado.

Atualizamos que já estamos utilizando RSSF sem nos dar conta. Por exemplo, nossos celulares atualmente contam com uma gama de sensores e realizam comunicação sem fio. Desta forma, algumas pessoas entregam em seus telefones dados de RSSF sem sequer saberem onde tal expressão. Logo, esta pode ser uma direção interessante para o desenvolvimento colaborativo. Além disso, com o advento da Internet das coisas, onde máquinas, sensores e robôs estarão ligados à Internet, as RSSF serão cada vez mais presentes em nossas vidas. Desta forma, veremos uma revolução no mundo como produtores alimentares, consumidores e energia



e até mesmo nos divertimos. Atualmente diversos vídeos games possuem sensores e se comunicam por interface sem fio(1). Outra direção interessante de desenvolvimento tecnológica são as RSEF móveis que serão possíveis com o advento da robótica pessoal. Desta forma, podemos utilizar todos móveis, e que diminuíra a quantidade de dispositivos necessários para obter uma determinada função.

Para que a utilização das RSEF seja efetiva devemos focar na formação de profissionais e cientistas que dominem e desenvolvam soluções para esta tecnologia. Caso isto não seja possível, não seremos capazes de aproveitar essas aplicações, produtos industrializados e até mesmo consumir recursos naturais de forma inteligente. ■



**ALEX ROSCHELDT PINTO** | É Bacharel em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Pelotas, Mestre em Ciências da Computação pela UFSC (2014). Doutor em Engenharia Elétrica pela UFSC. Realizou estágio de Pós-Doutorado em Ciências da Computação – ICMC/USP. É professor assistente na área de Robótica e Computação da UNESP – Ribeirão de São Paulo, atua nas áreas de sistemas embarcados, inteligência computacional e robótica de computadores.



**KALINKA CASTEDO BRANCO** | É mestre em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo – USP (2006) e é doutora em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo – USP (2010). É professora do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) USP. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Computacionais Distribuídos e Robótica de Computadores.

# DESAFIOS DE SEGURANÇA PARA VEÍCULOS AUTÔNOMOS

por Gabriel Fernando Pigatto, Fernando Augusto Garcia  
Morel, Max Bruchim Fiala e Rafael Castro Basso

PODE PARAR E IMPROVVISAR, MAS NÃO ALTO. SÃO DESENVOLVEDORES DE SOFTWARE E HARDWARE PARA VEÍCULOS AUTÔNOMOS, E EM SE SEGURANÇA NÃO COSTUMAM TER A ATENÇÃO E A IMPORTÂNCIA ADEQUADAS. BRASILEIRO EM MUITAS VEZES CONSIDERADO COMO UMA CARACTERÍSTICA EXTRA DE ALGO QUE É DOMINADO POR ESTRANGEIROS NO SISTEMA, BRASILEIRO TEM APRESENTADO CASOS, INFELIZMENTE, EM ALGUNS CASOS, MENCIONADOS.

**A** MAIORIA DOS SISTEMAS COMPLEXOS, como é o caso dos veículos autônomos, é planejada e projetada muito tempo antes de ser implementada na prática. Com o projeto de um sistema desta tipo é possível prever todos os módulos que irão compô-la, desde os sensores que serão embarcados no mesmo até as técnicas de detecção de obstáculos, reconhecimento de objetos, motores para locomoção, entre outras. Todos os módulos do sistema devem ter seu espaço bem definido e, certamente, terão suas funções predefinidas, de modo a fazer com que o veículo autônomo funcione da maneira mais apropriada possível e sem a presença de falhas.

.....

A importância da segurança nestes veículos é comparável à maioria dos demais sistemas que compõem estes sistemas. Imagine que uma entidade mal-intencionada devido, por alguns motivos, interferir na operação de uma aeronave não tripulada (VTOL) que está orbitando uma aeronave em uma região restrita, se arde a colidir com obstáculos como montanhas ou árvores entre outros nas proximidades. Para isso, basta interferir na comunicação entre a estação de controle e a aeronave, se passar por um ponto anterior onde a aeronave deve de mudança de rota ou VTOL e colidir em pontos onde há a presença de aeronaves. Por pontos estratégicos, alguns militares de nível superior pode por isso fazer isso.

É isso de segurança na comunicação entre a estação de controle e a aeronave um exemplo aproximado de uma das formas de se evitar um possível ataque de alto nível ou até mesmo de se assegurar em vias futuras, com a ajuda de um de VTOL

## Vários trabalhos na literatura têm explorado vulnerabilidades de sistemas embarcados em veículos comerciais, os quais podem estar acessíveis por meio de métodos não tão convencionais.

Uma geração de pessoas que poderiam vir a ser atingida pela aceleração em posse de uma entidade mal-intencionada. Entretanto, a tema segurança não se resume apenas a garantir a autenticidade de duas partes envolvidas em uma comunicação. Ela pode também garantir a confidencialidade dos dados que trafegam por redes veiculares, a integridade da informação e a disponibilidade destes sistemas e também dos canais de comunicação. Pode ainda se referir a aspectos de integridade física do veículo, o que abrangemos por safety, que aborda técnicas para garantir que a aceleração não tenha seus componentes físicos destruídos ou danificados durante a sua operação.

Eventualmente, os principais requisitos de segurança em sistemas computacionais giram em torno de técnicas para sempre manter o sigilo das mensagens trocadas entre os veículos (confidencialidade e privacidade), garantir que os dados não sofram modificações durante o envio (integridade), assegurar a funcionamento dos recursos de comunicação (disponibilidade) e efetuar a verificação da identidade de usuários (autenticidade). Além destes requisitos, algumas exigências mais específicas do cenário dos veículos autônomos devem ser consideradas, como, por exemplo, manter rigorosas garantias de tempo (tempo real), operar com dispositivos heterogêneos conectados à rede, garantir privacidade de localização, efetuar a gestão hierárquica eficaz de chaves de criptografia, efetuar controle de acesso e assegurar a comunicação interna-veículo [12, 13, 14].

Vários trabalhos na literatura têm explorado vulnerabilidades de sistemas embarcados em veículos comerciais, os quais

podem estar associados por meio de métodos não-tão convencionais, tais como sensores presentes nos subistemas dos veículos. Em outros subistemas, por exemplo, vulnerabilidades podem ser exploradas, muitas vezes, nos subistemas de entretenimento ou de pressão dos pneus do veículo [1,2]. Outras pesquisas realizadas recentemente também exploram a dificuldade ou a falta de atualização de firmware dos microcontroladores nos veículos como uma potencial vulnerabilidade [3], bem como os ataques realizados à rede sem fio usada praticamente em todas as aplicações dos veículos, seja em de tipo síncrono, terrestre ou aquático [4,5]. Ataques à criptografia de comunicação também têm sido explorados [6] e, devido a tudo isso, técnicas para avaliar quais as partes do veículo estão sendo comprometidas por

**Os veículos autônomos, de um modo geral, podem ainda apresentar alguns outros tipos de vulnerabilidades inerentes ao tipo de plataforma e aos elementos que os compõem.**

um ataque estão sendo descobertas para possibilitar a criação de contornadores [7]. Até mesmo o método de GPS sem sinal é de ataques em veículos autônomos, principalmente em veículos síncronos, como aponta um estudo recente [8]. O ataque é conhecido como spoofing de GPS, que consiste na modificação do sinal de GPS recebido pelo veículo possibilitando que o atacante simule a navegação do veículo autônomo, um elemento fundamental para o seu funcionamento. Exemplos desse tipo de ataque podem ser observados em notícias publicadas recentemente pela mídia. Nos Estados Unidos,

uma notícia recente que YANFÉ tem sido reconhecido o ataque cibernético de spoofing de GPS [9], o que causou polêmicas no país. E no Brasil, hackers conseguiram subverter sinais de GPS para obter uma captura de um drone americano [10].

Os veículos autônomos, de um modo geral, podem ainda apresentar alguns outros tipos de vulnerabilidades inerentes ao tipo de plataforma e aos elementos que os compõem, de ECUs

**De maneira semelhante às ECUs, os sensores de um veículo também podem sofrer ataques específicos devido à proximidade com outros veículos.**

(Engine Control Unit), que normalmente são empregadas para agrupar sensores e módulos com funções similares ou correlacionadas em veículos, podem apresentar vulnerabilidades por meio de sensores físicos. O grande número de ECUs em um carro e o software que é executado por estes módulos pode estar vulnerável a alguns tipos de ataques e até mesmo à substituição de elementos de hardware por terceiros. De modo análogo aos VANTS, em carros autônomos as ocorrências de ataques também podem ser vistas em notícias publicadas pela mídia. Uma delas mostra um estado que conecta os carros inteligentes a computadores pessoais, colocando-os na mesma nível em relação a vulnerabilidades de segurança [17].

De maneira semelhante às ECUs, os sensores de um veículo também podem sofrer ataques específicos devido à proximidade com outros veículos. Como normalmente um veículo autônomo é composto por diversos sensores para que possa atuar de maneira correta, entidades maliciosas podem atacar o veículo enviando sinais para enganar estes sensores. O ataque pode, por exemplo, enviar sinais para desativar o veículo, como registrado em pesquisa recente [8].

Além das vulnerabilidades internas, existem também as possibilidades de ataques provenientes de elementos externos e remotos, uma vez que a conectividade via redes sem fio é uma realidade praticamente onipresente em veículos autônomos. A alta conectividade com elementos de infraestrutura e com outros veículos apresenta benefícios para os veículos, uma vez que fornece acesso à Internet e a outros bancos de dados, o que por sua vez viabiliza a atualização dos softwares dos módulos que compõem o veículo, deixando-o seguro e sempre atualizado. Assim, ainda na ausência de monitoria, provida informa-

**Os principais desafios estão ligados diretamente às vulnerabilidades revisadas, sendo necessário efetuar o desenvolvimento de sistemas mais seguros com base na criticidade destas ameaças.**

ção em tempo real sobre as condições da rodovia, oferecendo instantaneamente para todos os lados o incremento e segurança física e o conforto geral do veículo [10].

Entretanto, essa mesma conectividade oferece também a outras tipos de vulnerabilidades. Tais vulnerabilidades relativas à comunicação veicular não se podem ser mencionadas [11]: replicação de interfaces de rede sem fio para ataques DoS (Denial of Service) e de espionagem (roubo de informações), invasão de códigos maliciosos em dispositivos computacionais embarcados no veículo e indução ao comportamento incorreto quando em comunicação com outros veículos.

Em resumo, os tipos mais importantes que ainda devem ser estudados no âmbito dos veículos autônomos estão ligados à autenticação de identidade, à integridade da rede, à segurança de dados, à privacidade de localização, ao gerenciamento de chaves, ao controle de acesso e à comunicação veicular segura por meio da confiabilidade e da integridade de mensagens. Os principais desafios estão ligados diretamente às vulnerabilidades revisadas, sendo necessário efetuar o desenvolvimento de sistemas mais seguros com base na criticidade destas ameaças.

Além de todos estes desafios, existe ainda um último aspecto a ser considerado: a interface de ser humano e como os veículos autônomos devem interagir com ele [11]. Como você agiria em caso de falhas no veículo em situações de ataque em que o veículo toma rumos inesperados? Enquanto desenvolvedor, como fazes para explicar o momento de que ele está sob controle de um desenvolvedor sem gerar pânico? E a direção

notificar os raios noturnos e motoristas, sinal de controle? Essas e outras questões devem ainda ser foco de futuras investigações e estudos no âmbito destes veículos, criando e definindo padrões que mantenham as vantagens de uso de recursos promissores como as apresentadas por desenvolvedores de VANTs, carros autônomos e veículos aquáticos. ■

## Referências

- [1] Kuecher, K., Credin, A., Fournet, F., Patel, S., Kohn, T., Chockawaj, S., ... Sengul, S. (2010). Experimental Security Analysis of a Modern Automobile. In In Evans-B-G, Nigam (Eds.), *Proceedings of IEEE Symposium on Security and Privacy ("Oakland") 2010* (pp. 447–462). Retrieved from <https://icse.umd.edu/~chockawaj/paper/sec2010.html>
- [2] Kuecher, K., Lee, R., Higgins, G., & Ravi, S. (2004). Security as a new dimension in embedded system design. In In *Proceedings of the 4th Design Automation Conference (DAC '04)* (pp. 753–758). ACM Press, Windsor-Scholar: Ravi.
- [3] Nilsson, J. K., & Lamm, U. E. (2008). Secure Firmware Updates over the Air in Intelligent Vehicles. In *Communications Workshops, 2008, ICC Workshops '08, IEEE International Conference on* (pp. 398–399). doi:10.1109/ICCW.2008.78
- [4] Nilsson, J. K., & Lamm, U. E. (2008). Conducting Forensic Investigations of Cyber Attacks on Automobile In-vehicle Networks. In *Proceedings of the 1st International Conference on Forensic Applications and Techniques in Telecommunications, Information, and Multimedia and Workshop* (pp. 81–86). KST, Brussels, Belgium: KST Institute for Computer Science, Social-Informatics



and Telecommunications Engineering. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/71.103338>

[15] Larson, U. E., & Nilsson, B. K. (2000). Securing Vehicles Against Cyber Attacks. In Proceedings of the 4th Annual Workshop on Cyber Security and Information Intelligence Research: Developing Strategies to Meet the Cyber Security and Information Intelligence Challenges Ahead (pp. 361–369). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/347040.347173

[16] Francillon, A., Damer, B., & Capkun, S. (2010). Relay attacks on passive keyless entry and start systems in modern cars. doi:10.1009/isis-4-000700714

[17] Nilsson, B. K., Phang, P. H., & Larson, U. E. (2006). Vehicle ECU classification based on safety-security characteristics. In Road Transport Information and Control - RTIC 2006 and ITS United Kingdom Members' Conference, IET (pp. 1–7).

[18] Nilsson, M. (2013). Todd Humphreys' Research Team Demonstrates First Successful GPS Spoofing of UAV. Retrieved from <http://mail.scripps.edu/news/archive/2013/todd-humphreys-research-team-demonstrates-first-successful-gps-spoofing-of-uav>

[19] Alemdar, K. D., Karakaplan, D., Padit, T., & Senoz, B. (2011). An Emerging Threat: Eve Meets a Robot. Lecture Notes in Computer Science, 6801, 271–289.

[20] Chen, S., Wyglinski, A. M., Vayns, R., & Abidin, O. (2009). Feasibility analysis of vehicular dynamic spectrum access via queueing theory model. In Vehicular Networking Conference (VNC), 2009-IEEE (pp. 233–238). doi:10.1109/VNC.2009.5066272

[21] Wyglinski, A. M., Huang, X., Padit, T., Lai, L., Eisenbarth, T. R., & Venkateshramanian, K. (2013). Security of Autonomous Systems Employing Embedded Computing



Figura 1. Avião sem piloto controlado  
Voando em um campo, OROO.

- and Services. IEEE Micro, 32(1), 86–90. doi:<https://doi.org/10.1109/MICRO.2011.58>
- [12] Marfaty, C. S. R., Masaj, R. S. - *Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols*. PLANNING, ISBN 94-3-07-8688-3, (2011).
- [13] KIM, Truongson. *RFM, Injunct: Security Issues in Vehicular Networks*. IEEE ICCCN, 3043. IEEE (pp. 466–472). doi:<https://doi.org/10.1109/ICCNC.2011.58>
- [14] RAN; Ram Sathigam KUNHAR, Marials. SPONDR, Nambay., Singh. *Security Challenges, Issues and Their Solutions for VANET*. In: International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSIA), Vol.5, No.3, September 2013.
- [15] Inside CNN. *GM's Valuable to Car's GPS-Spoofing*. *Access em 27 de 2014*. Disponível em: <http://www.insidegn.com/node/7117>
- [16] InformationWeek. *Iran Hacked GPS Signals To Capture U.S. Drone* - InformationWeek. *Access em 27 de 2014*. Disponível em: <http://www.informationweek.com/attackiran-hacked-gps-signals-to-capture-us-drone/44-447108444>
- [17] MARRIOTT, John. *Car's Computer Systems Called at Risk by Hackers*. In: The New York Times. *Access em 27 de 2014*. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2014/05/14/science/14hack.html>



**DANIEL FERNANDO FILARDO** | É Bacharel em Ciências de Computação pela UFRJ - Campus de Resende/RS. Possui título de Mestre e atualmente Doutorando pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo. É pesquisador na área de Ciências de Computação com ênfase em Sistemas Embarcados, Células, Redes de Computadores e Segurança.



**FERNANDO AUGUSTO GARCIA LUIZZI** | É Bacharel em Administração de Empresas pela Universidade de Marília, Pós-Graduação - Livre Curso em Marketing, Comunicação e Negócios pela Unesp, Mestre em Ciência da Computação pelo Centro-Universitário-Itapetininga de Marília - área Arquitetura de Computadores, Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo - USP's atualmente é colaborador do LMC (Laboratório de Sistemas Embarcados/Críticos) do Instituto de Ciências Exatas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo.



**ALEX BENSCH E DO PENTEIO** | É Bacharel em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Pelotas, Mestre em Ciências da Computação pela UFSC (2004), Doutor em Engenharia Elétrica pela UFSC, Realizou estágio de Pós-Graduação em Ciências da Computação - ICMC/USP É professor assistente na área de Redes de Computadores da UNESP - São José dos Rio Preto, atua nas áreas de sistemas embarcados, inteligência computacional e redes de computadores.



**KALINEIA CARTESIO BRANDES** | É mestre em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo - São Carlos (1999) e doutora em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo - São Carlos (2004). É professora doutora do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Computacionais, Distribuídos e Redes de Computadores.



# D

## IVERSAS PLATAFORMAS DE RO- BÓTICA MÓVEL, AMPLAMENTE DEFUNDIDAS NA COMUNIDADE CIENTÍFICA, a exemplo das robôs

Forster introduzidas na década de 80, utilizam o *Player-Stage*, que é um sistema de código aberto. O *Player* é um metáfora que disponibiliza recursos como drivers para diferentes tipos de plataformas robóticas, permitindo, por exemplo, o acesso aos dados de sensores a laser (LIDAR) e de imagens, bem como o envio de comandos aos motores. Além disso, o *Player* adota uma arquitetura do tipo cliente-servidor, permitindo o acesso remoto aos serviços providos pelas diferentes tipos de dispositivos robóticos. O *Stage* é um simulador 2D que complementa o *Player*, permitindo que se realizem experimentos, simulando os robôs e suas dispositivos sensores e atuadores, de modo a realizar testes em um ambiente virtual de modo rápido e seguro.

.....

**Player**  
<http://playerstage.sourceforge.net/>

**Stage**  
[http://playerstage.sourceforge.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=123](http://playerstage.sourceforge.net/index.php?option=com_content&view=article&id=123)

**Darpa Grand Challenge**  
<http://www.sdspeople.com/html/autobots/GrandChallenge>

Em 2006, o INIAPI (Agência de Pesquisa do Departamento de Defesa Norte-Americano) realizou uma competição para o desenvolvimento de veículos autônomos, o *Darpa Grand Challenge*. Posteriormente ocorreram duas novas edições desta competição em 2007 e em 2008, quando foi realizado o *Darpa Urban Challenge*. Estas competições tiveram um amadurecimento da tecnologia e do desenvolvimento de veículos terrestres autônomos. As competições do INIAPI tiveram um grande impacto no desenvolvimento das

veículos autônomos, inclusive contribuindo para a introdução de novas tecnologias como as sensores laser do tipo “Lidars”, amplamente usados na atualidade (indicar pelo Google em seu Google Self-Driving Car). (Dispositivos como o “Velodyne” são complexos de usar, e exigem drivers e ferramentas de software para que possam ser usados independentemente).

O amplo desenvolvimento desta área de veículos autônomos e robôs autônomos levou à criação da plataforma aberta ROS (Robot Operating System). O ROS é um conjunto de bibliotecas de software e ferramentas que ajudam na construção de aplicações robóticas. Ele é considerado como um “sistema operacional robótico aberto e de processamento distribuído”, pois ele possui drivers de sensores aos dispositivos robóticos, bem como uma série de ferramentas para o desenvolvimento, gestão e comunicação dos robôs, que compõem um sistema robótico. Um exemplo dos robôs que o ROS possui é o que permite a acesso e o tratamento dos dados do “Velodyne”.

O ROS permite uma fácil e rápida integração com outras importantes ferramentas de software livre e de código aberto amplamente adotadas no desenvolvimento de veículos autônomos, como o “Eigen Library” para dispositivos robóticos, “OpenCV” (Ferramentas de Imagem e Visão Computacional), “PCL” (Point Cloud Library) e “Gazebo” (Simulador 3D). Em função dos recursos oferecidos pelo ROS, esta plataforma aberta vem se tornando um padrão no desenvolvimento de aplicações robóticas, sendo o padrão adotado pela “Willow Garage” que desenvolve o robô humanoide “PR2”, e pelo próprio “ETHZ” que lançou o “DRC” – “Garpa Robótica Challenge 2013”, onde é amplamente incentivado o uso de ferramentas como o “Gazebo” (simulador oficial do “PCL”, “ROS”, “PCL” e “OpenCV”). O ROS foi apoiado e desenvolvido por um certo período pelo “Willow Garage”, sendo que mais recentemente atualmente vem recebendo o apoio da “Open Source Robotics Foundation”.

O projeto “CalRNA” – “Carro Robótico Inteligente para Nave-

**PCL-Point Cloud Library**  
<http://pointclouds.org/>

**Eigen**  
<http://eigen.tuxfamily.org/> e  
<http://www.eigenlib.org/>

**Willow Garage**  
<http://www.willowgarage.com/>

**ETH Zurich**  
**Autonomous Systems Lab**  
<http://www.inf.ethz.ch/robotics/asl/>

**OSRF Open Source Robotics Foundation**  
<http://www.ros.org/>

projeto Autônoma – é uma importante iniciativa nacional que vem sendo desenvolvida junto ao UFRJ-RCMCS/INF com o apoio do INCT-SEC, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos) e da FAPESP. Foram desenvolvidos recentemente dois gateways robóticos, o CallINA, 1 e CallINA 2, capazes de carregar de modo autônomo (sem intervenção) e sendo dotadas de sistemas de percepção (sensores visuais laser/Velodyne e SICK/GPS) e IMU, de dois sistemas computacionais de processamento modular e distribuído e quatro sistemas que controlam o posicionamento de braços robóticos e hexapods). O projeto CallINA foi desenvolvido com o uso de software de ferramentas abertas como o Citrus para ROS, OpenCV, Gazebo, PCL, e Pylay. Este projeto não seria viável se não fosse a adoção e o uso de tais ferramentas.

Cabe destacar aqui que além da adoção de plataformas e ferramentas de software abertas para o desenvolvimento de aplicações robóticas, outra componente fundamental para o desenvolvimento de áreas de veículos autônomos é a adoção de padrões abertos de dados visando à interoperabilidade dos sistemas. Uma tendência atual é o desenvolvimento de sistemas de comunicação inter-veículos (V2V), onde é de grande importância a adoção de padrões abertos capazes de permitir a comunicação entre diferentes sistemas, independentemente de fabricantes.

Além disso, cabe-se de dificuldade de introduzir os veículos autônomos em ambientes urbanos e populados, onde ainda está sendo discutida normas e legislação para permitir que tais veículos autônomos possam transitar e “conviver” com outros veículos e pessoas. Provavelmente, para que seja viável a adoção de veículos autônomos em ambientes urbanos, será necessário que os mesmos possuam uma “cotaçãopart” onde serão registradas todas as dados dos seus sensores e sobre o estado de veículos, assim como é feito com os taxistas. Esta “cotaçãopart” será indispensável na determinação da causa de um eventual acidente, permitindo inclusive determinar se este foi causado pelo veículo autônomo ou por uma

**Projeto CallINA**  
<http://www.ima.ufrj.br/callina/>  
 Imá, 2016

**INCT-SEC Inf.**  
**Núcleo de CPT em**  
**Sistemas Embarcados**  
**CallINA**  
<http://ima.ufrj.br/callina/>

alta inovação. acredita-se que adoção de padrões abertos para o registro de dados terá uma influência muito positiva, uma vez que permitirá um acesso aberto e mais ampla interconexões, aumentando a confiabilidade nos sistemas e facilitando a adoção. Por fim, é importante destacar o grande impacto positivo que a adoção de sistemas abertos, tanto em termos de ferramentas de software quanto em termos de interoperabilidade de dados, tem tido junto ao desenvolvimento de sistemas robóticos inteligentes. A pesquisa e o desenvolvimento de veículos autônomos certamente vão nesta direção. ■



**FERNANDO SANTOS-OSÓRIO** | É professor no Departamento de Sistemas de Computação e membro do Laboratório de Robótica Móvel do ICMC/USP. Tem interesses nas áreas de Robótica Móvel e Inteligência Artificial e desenvolve projetos na área de veículos autônomos e robôs de resgate.



# SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO PARA VEÍCULOS AUTÔNOMOS

DR Edson dos Santos Mendes  
e Bruno Vitor Lima Soares

PARA O DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS, TANTO OS AERÍOS COMO OS TERRESTRES, GANDEMANS E MAIS ALTERNATIVA NA IMPLEMENTAÇÃO DE SUAS FUNÇÕES BÁSICAS, É NECESSÁRIO QUE DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROLE E DESENVOLVIMENTO A MAIORIA DAS TAREFAS DE FORMAÇÃO DE DECISÃO RELACIONADAS COM SUA NAVEGAÇÃO.

# E

mas informações são obtidas de sensores associados diretamente à sua operação mecânica, os ambientes em que está inserido e, paralelamente, em informações de outros veículos e outros ambientes remotos. Isso é válido tanto para um UAVT (Veículo Aéreo Não Tripulado) de missão crítica [1] quanto para um veículo particular de passeio que talvez tenha muita inteligência, com sistemas autônomos projetados para analisar o ambiente [2]. Adicionalmente, em muitas aplicações, veículos autônomos têm como missão inspecionar alguns eventos e transmitir dados para observadores remotos. Comunicação torna-se então uma ferramenta de funcionamento crítica para esses veículos, com várias restrições de qualidade de serviço (latência, atraso, erro, segurança, etc.).

No entanto, essas aplicações tendem a estar expostas a falhas devido à comunicação não ser inerentemente, intrínseca à natureza de um dispositivo móvel, tais como a perda de pacotes, e.g.

quando o sinal de transmissão vem do outro interfaceira ou o espaço e resulta em erros na quadra transmitida, erros e repetição na transmissão, e.g. quando o nó atinge distâncias superiores ao raio de alcance do sinal em relação à fonte ou é migrado em diferentes redes access. Neste artigo, discutiremos alguns aspectos que consideramos importantes para a comunicação entre veículos. Embora muitos dos aspectos mencionados sejam relacionados a funções genéricas, eles também realizam funções importantes para prover autonomia a esses sistemas.

## PROBLEMAS DE COMUNICAÇÃO MÓVEL

**P**roblemas de comunicação envolvidos com a mobilidade, seja ela resultante da autonomia de movimento do nó ou determinada pelo usuário, podem ocorrer em ambientes infraestruturados, onde há mobilidade de nó em redes IP, ambientes não infraestruturados, onde há grupos de formação dinâmicos de nó que se comunicam entre si em uma rede móvel ad-hoc, todos em grupo de nó em uma rede infraestruturada ou rede, a qual se move entre redes de acesso IP.

### Mobilidade em redes infraestruturadas

Nas redes infraestruturadas, onde as aplicações são baseadas em IP, os nós são movimentados entre diferentes redes de acesso sem fio e podem percorrer locais onde não há infraestrutura de comunicação, e.g. ambientes de estações rádio-base, pontos de acesso e gateways para Internet, ilhas, transições, chamadas handovers, na qual um nó móvel é substituído quando troca um ponto de acesso com a rede (N), i.e. quando o nó é deslocado em direção a outros células de cobertura ou todos sem fio, provoca quebra nas transmissões em andamento do nó devido a ruptura de enlace, no consumo de tempo e recursos e a suboperação de recursos IP adquiridos durante a mobilidade. Soluções de gerenciamento de

mobilidade são empregadas para tratar desconhecidos e ataques na comunicação de forma transparente à aplicação (i.e. SecureNet hardware [5]) e, consequentemente, prover confiabilidade da comunicação e dos serviços em cenários em não-transponto ou recursos não dedicados para essas redes de acesso sem fio [4].

## Mobilidade em redes não infraestruturadas

Nessas redes, conhecidas na literatura como MANETs (Mobile Ad-hoc Networks), não há infraestrutura para realizar o encaminhamento de pacotes de dados entre os nós. Os próprios nós se auto-organizam para desempenhar a papel de roteadores móveis na rede que são livres para mover aleatoriamente em toda o ambiente. A topologia muda rapidamente devido ao movimento dos nós e as redes, que têm a propriedade de autocura, rapidamente se re-organizam em resposta. Ao passo que são autônomas, flexíveis, dinâmicas e simples de serem implantadas em qualquer ambiente, as MANETs possuem limitações quanto à área de cobertura e conectividade sem fio. Embora haja soluções específicas de roteamento ad-hoc para ampliar a capacidade de cobertura de transmissão, e.g. através de uma rede mobil hierárquica em que os próprios veículos autônomos atuam como nós-relay [6, 17], ataques e ruídos na comunicação entre a origem e o destino são problemas persistentes. Diferente das redes infraestruturadas, nas MANETs há particularidades: a topologia é dinâmica e os nós, que são-relays, podem sair e entrar na rede, os nós geralmente possuem recursos limitados (e.g. energia, memória e processamento), o meio físico de transmissão não é confiável e pode estar exposto a altas taxas de erro de quadro, dependendo do ambiente; e o ambiente é imprevisível, a rede pode estar implantada em terrenos desconhecidos, em condições perigosas e em ambientes hostis, onde a integridade do nó está em risco iminente, podendo levar a falhas frequentes de transmissão [8].

## Mobilidade de rede

As redes móveis são um conjunto de nós que se movem coletivamente como uma unidade, tal como navios, trens, aviões e satélites [8]. São redes complexas, podendo incluir os problemas de comunicação presentes em ambas redes infraestruturadas e não infraestruturadas. O suporte à mobilidade de rede, NEMO (Network Mobility), refere-se à capacidade de permitir que uma rede móvel troque seu ponto de ligação com a Internet e, assim, sua conectividade na topologia, sem interromper a entrega de datagrama IP de para a rede móvel [9]. Para tanto, toda rede móvel possui um endereço, que a atua como gateway da rede, sendo operada um protocolo de mobilidade IP [10]. Em cenários mais distantes, como a mobilidade de uma rede veicular [11], o mesmo tipo de rede pode ser provido por roteadores MANETs que é a combinação de protocolos de mobilidade IP em NEMO com protocolos de roteamento MANET, que atuam nos nós internos da rede.

## COMUNICAÇÃO PARA VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

UNNTs foram inicialmente construídos para uso em operações militares em cenários militares, de modo a evitar o uso de recursos humanos na execução de missões militares. Recentemente, UNNTs deixaram de ser utilizados somente para fins militares e estenderam-se, por exemplo, para aplicações em agricultura de alta precisão, reconhecimento de inteligência de veículos, vigilância e reconhecimento. Segundo Firas e Dierker [2], arquiteturas de comunicação para UNNTs podem ser de dois tipos: direta, satélite, rede celular ou de rede mesh.

### Link Direto

Um link direto entre a estação de controle em solo (CCS) e cada UNNT ocorre via arquitetura mais simples [2]. É caracteri-

dados é mantida por links dedicados, o que permite comunicação confiável e de baixa latência. Contudo, não é aplicável para cenários dinâmicos e comunicações sem linha de visão. Obstruções podem bloquear o sinal e, para longas distâncias, o VANT requer transmissão de alta potência, antenas direcionais ou largura de banda significativa para suportar densidade de alta taxa de transmissão. Ainda, a comunicação de VANT a VANT é ineficiente, pois sempre será roteada pela estação de controle em solo, limitando-se em uma topologia em estrela que não explora a comunicação direta entre VANTs operando na mesma área.

### Satélite

Comunicação por satélite oferece melhor cobertura de acesso do que a arquitetura de link direto, além de manter bem conectados o VANT com a estação de controle em solo [2]. No entanto, a conectividade ainda é realizada através de roteamento por sistemas centralizados. Entrega de dados é relativamente baixa, devido à falta de largura de banda de satélite. Para aplicações que demandam altas taxas de transmissão seria necessário um mecanismo de antena parabólica-direcional grande. Isso, no entanto, seria um mecanismo inadequado no tamanho, peso e custo para VANTs de pequeno porte, como em [1]. Além disso, a estação de controle em solo também requer uma conexão desatrelada com a rede de satélite. Dependendo do ambiente, a estação de controle pode ter o link com satélite comprometido por eventuais obstruções na linha de visão. Múltiplos VANTs operando numa área podem sofrer atrasos devido.

### Rede Celular

Uma infraestrutura de torres conectadas à infraestrutura de telefonia móvel, com estações rádio-base, pode proporcionar boa nível de conectividade e entrega de dados confiável [2]. Há uma série de vantagens no uso de uma arquitetura de rede

celular. Por exemplo, a cobertura estendida em grandes áreas com o uso de múltiplas torres, onde VANTs seriam substituídas a handover entre as torres. A redundância do uso de múltiplas torres, de modo que sejam links ativos entre torres com uma potência por um melhor desempenho. A utilização de largura de banda em regiões ou capacidade de rede podem ser aumentadas com a adição de novos torres. A infraestrutura pode ser compartilhada por diferentes VANTs. O tráfego de dados de cada VANT poderia ser quantificado para determinar o custo de uso da infraestrutura. Essas vantagens, contudo, são custosas. Requerem a aquisição das torres propriamente ditas, dos equipamentos de rádio e da infraestrutura de rede associada, além da liberação de implantação dos órgãos relacionados. A arquitetura de rede celular é aplicável quando o investimento em infraestrutura para ser amortizado com o uso frequente e regular de VANTs, eg. em aplicações como monitoramento agrícola ou vigilância de fronteiras. Ainda, a rede celular não é adequada para aplicações cuja demanda é transitória, eg. monitoramento de quilômetros. A infraestrutura de telefonia móvel existente não foi projetada para a comunicação entre VANT e estação de controle em rede. Um único transmissor NNT pode cobrir uma grande área, ainda que tenha desempenho afetado com a degradação de sinal. Por isso, criamos aplicações de VANTs utilizando a rede pública de celulares existentes [1], as operações de NNTs pequenos podem requerer uma infraestrutura celular dedicada.

### Rede Mesh

Uma arquitetura de rede mesh é uma MANET onde um nó relay pode ser um VANT ou a ou um nó em rede [2]. A possibilidade dos nós pode simplificar as exigências de largura de banda, que pode ser reduzida com mais frequência e, portanto, com mais eficiência. Comunicação NNT-a-NNT pode ser direta e também se beneficiar do roteamento ad-hoc que emprega

em relays adicionais conforme necessário. No entanto, a rede requer certa densidade, pois nós intermediários devem estar presentes e ter recursos de sinal para atuar na função de relay. Além disso, os nós podem ser obrigados a mover-se, especificamente, a fim de preservar a comunicação. Uma MANET é uma abordagem promissora para aplicações onde a infraestrutura de rede não está disponível e múltiplos NÓSs estão operando de forma cooperativa. O encaminhamento de dados por nós relay torna as requisitos de conectividade, pois nós de origem e de destino só precisam ser conectados através de outros nós intermediários. A probabilidade de transmissão pode ser diminuída e, conseqüentemente, a capacidade de comunicação em função da proximidade dos nós. Dependendo da densidade da rede, o desempenho de entrega de dados pode ser melhorado em relação à comunicação direta. Além disso, uma propriedade fundamental das MANETs é a autocura, permitindo que elas respondam bem ao dinamismo da topologia. Por outro lado, como não há nenhum nó centralizado para coordenar as atividades da rede, a rede tende a se tornar particionada por períodos de tempo.

## COMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS Intelligent Transportation Systems), possuem que veículos sejam capazes de perceber e responder a um amplo espectro de aplicações para melhorar a segurança humana e a eficiência no transporte [12]. Para tanto, as redes de comunicação veiculares, VCM (Vehicular Communications Network), têm um papel fundamental [11]. Embora as pesquisas sobre VCM estão conduzindo a criação de um novo paradigma em Comunicação, onde sistemas de comunicação móvel são utilizados para prover compartilhamento de recursos entre dispositivos de alta mobilidade, como veículos,

## Tipos de comunicação e problemas envolvidos

Dois formas generalizadas de comunicação em redes veiculares são comunicações dirigidas na literatura: V2V e V2I. V2V (Vehicle-to-vehicle) ou VVC (Vehicular-Vehicular Communications) prevê a disseminação de conteúdo através de comunicação sem fio não-estruturada entre veículos. Os problemas de comunicação são inerentes à comunicação não-estruturada presente em redes móveis ad-hoc, como temporalidade do diálogo e parcialmente a fragmentação temporal da rede [14]. A comunicação pode ser gerada por meio de:

a) protocolos de roteamento em redes veiculares ad-hoc, V2V-DSNs (Vehicular Ad-Hoc Networks), que são variações de MANETs;

b) ou protocolos baseados em flooding, que consistem de envio single-hop de mensagens periodicamente propagadas em diálogo por quadras de beacons [15] [16].

V2I (Vehicle-to-infrastructure) prevê a comunicação sem fio entre veículos e as RSUs (Roadside Units), que são partes de infraestrutura de comunicação móvel instaladas ao longo das estradas para permitir conectividade sem fio, inclusive com a parte fixa da Internet.

Os veículos, através das RSUs, conectam-se a outras diferentes redes na borda da Internet, além de proporcionar locais onde existente infraestrutura de comunicação móvel. Essa mobilidade provoca problemas de transmissões em ambientes, principalmente devido às exigências de baixa latência e subseqüente de subseqüentes IP adaptáveis nas redes virtuais. Nesse caso, os problemas são inerentes à natureza da operação da pilha de protocolos veiculares "TCP/IP" e requerem adaptações para gerenciamento da mobilidade [11].



## Aplicações

Willis et. al [1] propõem uma taxonomia para aplicações em redes veiculares, a qual é dividida em duas categorias: Serviços de Informação e Controle de Movimento.

**Serviços de Informação.** Aplicações que envolvem:

a) serviços em V2V relacionados à segurança humana, eficácia em sistemas para evitar, freios automáticos/atraso da propagação de mensagens de situações emergenciais, e.g. acidentes na pista e má condições atmosféricas, e de condições de tráfego, como tráfego de congestionamento tráfego;

b) serviços para em V2I, geralmente pertencentes a conectividade e conforto dos indivíduos transportados, acesso de Internet móvel, consulta de dados de rede veicular, e.g. aplicações multimedias (informações sobre entretenimento), como diversidade de conteúdo [16].

Essas aplicações são propensas a ser mais suscetíveis a latência do que a rede, requerem baixa sobrecarga de comunicação (quantidade de dados de controle) e alta taxa de entrega (baixa de rejeição de pacotes) das quais que exigem a informação considerada vital.

## Controle de Movimento

a) controle de movimento individual, onde as aplicações mantêm e atualizam listas de caminhos de rotas para, por exemplo, evitar colisão ou realizar controle adaptativo de cruzeiros.

b) controle de movimento grupo, em que as aplicações necessitam de algum grau de compartilhamento de planejamento de caminho entre as veículos que trabalham em colaboração em grupos fortemente unidos, e.g. o planejamento de caminhos ótimo para um grupo de robôs, pelotas de futebol e formação de um em expedições de artes. Essas aplicações são tipicamente muito suscetíveis a atrasos e perda de dados, pois envolvem controle em tempo-real de estados dos veículos, demandando com a inter-

culo de tempo (tipicamente de milissegundos) para ação imediata de controle.

## ALGUNS DESAFIOS DE PESQUISA

### A. Manutenção de conectividade vs. Prioridade de tráfego

Dada a limitação de ad-ems nos problemas de comunicação móvel, relações são propostas para ampliar a capacidade de transmissão. Por exemplo, heurísticas para encontrar o número mínimo de veículos ad-ems para fornecer conectividade e investigar sub-redes isoladas [17], estratégias para navegação de VANET para melhorar a conectividade de rede [18]. No entanto, balancear a relação de perda-o-ganho entre satisfazer os requisitos de missão crítica e os requisitos de rede, tais como a manutenção da conectividade, é um desafio [19].

### B. Compartilhamento de informações contextualizadas

Os veículos e seus pontos sensíveis, estejam eles dentro de um auto-veículo, um carro privado com mecânica de assistência à direção ou um transporte público autônomo, estão compartilhando dentro de contatos ricos em informação. O compartilhamento dessas informações pode criar as bases para aplicações avançadas em que veículos, usuários e terceiros poderão utilizar essas informações para melhorar sua experiência na utilização do sistema de transporte, seja por aspectos de segurança, eficiência, conforto ou custo.

### C. Otimização de relações integradas de mobilidade

As longo das duas últimas décadas diversas relações de mobilidade [20] [21] [22] [23] [24] [25] foram propostas para que os usuários fossem mais capazes de fazerem mudanças durante viagens em transições. No entanto, em contextos de comunicação distribuída e de alta mobilidade, como em redes móveis formadas por

veículos autônomos, as soluções de mobilidade devem ser centradas na criticidade das aplicações. Elas tendem a ser sensíveis a atrasos e perdas de pacotes, a requererem baixa sobrecarga de comunicação e alta taxa de entrega. Dessa forma, soluções de mobilidade requerem otimizações para operar de forma eficiente na pilha de protocolos veiculares, (i) minimizando a latência de descargas e perdas de pacotes durante as transições, (ii) eliminando a dependência de infraestruturas adicionais de rede e (i) permitindo mobilidade de rede MANET integrada a soluções de roteamento MANET.

### **G. Sobrecarga de sinalização**

Sinalização por fluxo contínuo de áudio-vídeo e canais de controle para assistir em coordenar ações de veículos autônomos são mecanismos utilizados para maximizar a eficiência de uma tarefa ou missão crítica. No entanto, os recursos de rede são limitados, sendo o consumo um fluxo uma fonte de consumo de energia. Nesse caso, a sinalização com parâmetros de transmissão requerem ajustes para se ter uma QoS, ao mesmo tempo, sendo eficiente no consumo de energia de rede.

### **H. Segurança**

Como qualquer sistema de comunicação sem-fio, o transporte de dados entre veículos e seus sistemas conectados implica restrições de segurança. A confidencialidade dos dados pode ser necessária tanto para proteger o conteúdo, no caso de uma missão crítica de um VANT, por exemplo, como para proteger a identidade de um usuário que trabalha numa rede. Autenticidade, integridade, não-repúdio, juramentação de dados e informações são preocupações ligadas a todas as aplicações de veículos autônomos. Em rede móvel deve-se tipo-1 complexa a implantação de uma PKI (Public Key Infrastructure) e o tratamento de problemas operacionais relacionados, como a negociação de chaves entre os nós e a distribuição e validação de certificados [26] [27]. Em-

restantes em determinadas aplicações críticas, como em missões de busca através de esquadras de VANTs, mas só isso não pode transmitir uma localização incorreta de um alvo encontrado para realimentar a atividade dos nós restantes da esquadra [28]. Uma vez que um nó pode ser comprometido após a formação da esquadra, esse tipo de ataque não pode ser evitado apenas com estratégias de segurança em redes providas por protocolos criptográficos e PKI, como em ambientes móveis seguros [29]. ■

## Referências

- [1] K. R. L. L. C. Branco, L. M. Pellicioni, L. Oliveira/Neto, O. Trindade, E. S. De’ato and D. E. Paik. “Tribes: a new approach of swarm based on model-driven development and multiprocessor,” in IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011, IEEE, 2011, pp. 1–6.
- [2] T. L. Wilke, P. Thomason, and M. R. Iliashchik. “A survey of inter-vehicle communication protocols and their applications,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, no. 2, pp. 2–26, 2009.
- [3] J. Mancor and M. Gaja. “Mobility-related Terminology” RFC 3753, June 2004.
- [4] I. E. Alykha, I. M. Naik, I. S. Ho, H. Uzunoglu, and W. Peng. “Mobility Management in Next-Generation Wireless Systems,” Proceedings of the IEEE, vol. 87, no. 8, pp. 1343–1364, 1999.
- [5] E. M. Gray and T. X. Brown. “Networking issues for small unmanned aircraft systems,” Journal of Intelligent and Robotic Systems, vol. 54, no. 3–5, pp. 21–33, 2009.
- [6] J. Rubin, B. Zhang, and H.-j. Jo. “Topological performance of mobile backbone based wireless ad hoc network with unmanned vehicles,” in IEEE Wireless Communications and Networking

- INFOCOM 2009, 2009, pp. 1496–1505.
- [7] L. Rubin and R. Zhang, "The performance behavior of omniscient vehicle aided mobile backbone based wireless ad hoc networks," in *The ITDS*.
- [8] IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), 2009, 2009, pp. 955–959.
- [9] S. Madhu, R. P. Zhang, and D. Ghosal, "Multipath routing in mobile ad hoc networks: Issues and challenges," in *Performance Tools and Applications to Networked Systems*. Springer, 2004, pp. 209–234.
- [10] E. Frenn, V. Srinivasan, and A. Scrinziotto, "Survey on network mobility support," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 8, no. 3, pp. 7–19, 2004.
- [11] V. Devaragadda, R. Subramani, A. Strasser, and P. Theohari, "Network mobility (nemo) basic support protocol," *RFIC*, 2003, 2003.
- [12] S. Casperis, K. Shen, and C. Lucas, "Ip mobility management for vehicular communication networks: challenges and solutions," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 5, pp. 187–194, 2011.
- [13] F. Spadolintra, A. La Fontella, K. Demara, R. Belgioio, and S. Cocca, "Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation," *IEEE Communications Magazine*, IEEE, vol. 47, no. 10, pp. 64–69, 2005.
- [14] R. S. Velazquez, R. Y. L. Kinross, and E. dos Santos Moreira, "Nemocon: Uma plataforma experimental para redes veiculares sem fio," in *II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC)*, 2013, SBEC, 2013.
- [15] Y.-W. Liu, Y.-S. Chen, and S.-L. Lee, "Routing protocols in vehicular ad hoc networks: A survey and future perspectives," *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 26, no. 3, pp. 813–832, 2010.

- [15] M. Franceschi, C.-F. Chiasserini, C. Casati, M. Fiore, Y. Roberts, C. Bergamini et al., "7-sip: Anonymus verification and inference of positions in vehicular networks" in *IEEE INFOCOM Mini-conference*, 2013.
- [16] F. Malandrino, C. Casati, C.-F. Chiasserini, and M. Fiore, "Content downloading in vehicular networks: What really matters?" in *IEEE INFOCOM 2011*, 2011, pp. 424–430.
- [17] K. Choudhurodu, M. B. Debbasi, and J. S. Bera, "Providing full-connectivity in large ad-hoc networks by dynamic placement of aerial platforms," in *IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2004)*, 2004, pp. 1425–1430.
- [18] F. Sun, I. Koffi, and V. Shroffman, "Coordinated flocking of swarms for improved connectivity of mobile ground nodes," in *IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2004)*, 2004, pp. 1426–1434.
- [19] N. Gera, I. Sun, F. Barcolet, and W. Dixon, "Maximizing network connectivity of swarms performing 60s-reconnaissance" in *IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2004)*, 2004, pp. 1–7.
- [20] C. E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4, Revised," RFC 5044, November 2007.
- [21] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 5275, July 2011.
- [22] A. C. Sussner and R. Subikshinan, "An end-to-end Approach to Host Mobility," in *The 5th ACM Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom '00)*, August 2000.
- [23] R. Hinden, P. Nikander, and P. Jokela, "Host Identity Protocol," RFC 5201, April 2008.
- [24] A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, S. Barac, and I. Iyengar, "Architectural guidelines for multipath-udp-development," RFC 6287, March 2011.
- [25] B. Y. L. Kimura, H. C. Gonella, and E. S. Moreira, "A session-

based mobile-socket layer for disruption tolerance on the internet" IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. PP, no. 99, pp. 1-14, 2013.

[26] K.-H. Kim, Y.-H. Park, and G. Tsoukas, "A group key management architecture for individual-flow wireless networks" Journal of Information science and engineering, vol. 21, no. 3, pp. 413-426, 2005.

[27] F. Pignatelli, L. Barreto, T. Holzer, E. Schott, J. Freudenberger, M. Raya, Z. Ma, F. Kargl, A. Fang, and L.-E. Holmberg, "Secure vehicular communication systems: design and architecture" IEEE Communications Magazine, vol. 46, no. 10, pp. 188-189, 2006.

[28] B. S. Veloso, B. Y. L. Kinera, and E. S. Mincin, "Secure positioning in a car swarm using on-board stereo-cameras" in (To appear) 20th ACM Symposium On Applied Computing (UIC/SoAC 2014), 2014.

[29] B. Y. L. Kinera, B. S. Veloso, H. G. Garcia, and E. S. Mincin, "Secure connections to establishments for location-based ip-mobility" in Second Brazilian Conference on Critical Embedded Systems (CBSEC 2013), SoAC 2013, pp. 58-63.



**EDSON SANTOS MOREIRA** | Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/Universidade de São Paulo - USP São Carlos - SP, Brazil. E-mail: edson@icmc.usp.br



**BRUNO F. B. DINIZ** | Instituto de Matemática e Computação - IMC/Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI - Itajubá - SP, Brazil. E-mail: bdi@mat.feis.unifei.br

# DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO





# VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

## DESAFIOS E PERSPECTIVAS DE EMPREGO NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

DO<sup>1</sup> Mestrando Léo Gustavo Baggio

O DEBATE ABERTADO DO ESTADO DE SÃO PAULO POSSUI UMA EXTENSÃO SUPERFICIAL DE 248.000 KM<sup>2</sup>, COM TAMPO COM 4 BATALHÕES DE POLÍCIA MILITAR AMBIENTAL, QUE SE INCUMBEM DO FISCALAMENTO COTIDIANO AMBIENTAL NOSE VASTO TERRITÓRIO DO ESTADO. DESTACAMOS O EMPREGO DE TECNOLOGIA QUE GARANTA A OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES ESPECIALIZADAS DO POLICIAMENTO AMBIENTAL, DE SCLÁ, QUE GARANTA O MELHOR APROVEITAMENTO DAS CAPACIDADES DAS FORÇAS



**S** EXTENSAS ÁREAS TERRITORIAIS de atuação do Policiamento Ambiental, bem como a necessidade de detectar eventuais ou potenciais infrações ao meio ambiente, exigem constante busca de novos instrumentos que possibilitem a detecção de ocorrências, ou de circunstâncias indicadoras de sua deflagração futura, por parte das patrulhas especializadas, que estejam operando em determinada região.

Resulta-se que as Unidades de Polícia Ambiental, representadas por seus Paralelos de Polícia Ambiental, são incumbidas da prevenção e repressão das infrações cometidas contra o meio ambiente, sob preceito dos corpos de fiscalização dos demais órgãos especializados no Estado de São Paulo, conforme a Parágrafo Único do artigo 145 da Constituição Paulista de 1988.

Nessa sentido, o Policiamento Ambiental do Estado de São Paulo busca a constante inovação e adoção de tecnologias, que otimizem os recursos humanos e materiais disponíveis.

Em trabalho desenvolvido entre os anos de 2009 e 2010, durante o Programa de Monitoramento Profissional em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública do Curso de Altos Estudos de Segurança "Col FM TERRA" da Polícia Militar do Estado de São Paulo, cujo tema é o monitoramento de sistemas aéreo, com o emprego de veículos aéreos não tripulados (VANTs), como plataforma de observação aérea, pela Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo, nas ações de policiamento extensivo ambiental e rural, alcançou-se êxito em teste que comprovou a viabilidade de emprego da tecnologia de VANTs para ações de fiscalização ambiental.

O concluímento é de que é possível sua implementação, re-

coligida em benefício da fiscalização dos recursos naturais.

As atividades de policiamento ambiental a rural têm desde a constituição de desmatamentos, como, por exemplo, aqueles que são realizados por meio de sistemas de confinamento, diferenciando sua localização e monitoração pelas patrulhas especializadas (Figura 1), bem como a criação de sinergia em nível técnico, desdobrando os licenciamentos ambientais obtidos e evitando perda de áreas de preservação permanente e de vegetação nativa, até ações policiais típicas de segurança pública.

**Figura 1**  
Observação aérea que localiza desmatamento realizado por meio de fechando confinamento, na Fazenda Santa Carolina, CEAR/UFPA, 2006.

**Fonte:**  
UFPA/INPA (2007, p. 104).



Nesse sentido, com o apoio de empresa parceira da KPMG, DOCT-USP/São Carlos (SP), a tese foi levada a efeito, no ano de 2016, sobre o Rio Mogi-Guaçu, região do município de Ribeirão (SP), demonstrando a potencialidade de um sistema de trilhas aéreas não tripuladas (SITAMT) em atividades em áreas de interesse da Polícia Ambiental do Estado de São Paulo, visando a complementar e melhorar aproveitamento das capacidades das patrulhas especializadas por meio da observação aérea, proporcionada pela nova tecnologia. Resalta também outra realidade, que não passa despercebida, que é a imperativa urgente

da demanda operacional, devido à ampliação da percepção do potencial militar ambiental sobre a região sobressaída. O ponto tempo de sobressaída em análise VIST, no local selecionado, revela, além de infrações administrativas e pontos contra o meio ambiente, outros pontos de interesse de circunstâncias a serem verificadas e fiscalizadas (Figuras 3, 4 e 5).

**Figura 3**  
Rio São Francisco,  
Estado SP, 4 Jan  
2016 (coordenadas de  
destaque de VIST)  
Imagem geoespacializada  
do QGIS  
**Ponto:**  
MIX TECHNOLOGIA, 2016



**Figura 4**  
Vista localizada durante  
a sobressaída de VIST  
Estado SP, após 09h  
Coordenadas SP de 20479  
e SP de 82870. Ponto de  
destaque  
**Ponto:**  
MIX TECHNOLOGIA, 2016



**Figura 5**  
Barragem construída junto à  
faixa marginal rio de DFL  
Apex, 2010.  
**Fonte:**  
AMT TECNOLOGIA, 2010



**Figura 6**  
Processamento ambiental do solo  
CERRADO SÃO MATHEUS DO  
BRL-8 pelo DERS - Cultura de  
cana-de-açúcar.  
**Fonte:**  
AMT TECNOLOGIA, 2010



Após término dos trabalhos em 2010, novas ações foram desenvolvidas, visando estabilizar o emprego da tecnologia de tráfego aéreo não tripulado pelo Policiamento Ambiental, face às promissoras perspectivas de emprego, tais como: identificação e combate aos desmatamentos irregulares; monitoramento de áreas críticas ambientais e de Unidades de Conservação; monitoramento e monitoração de áreas de reserva legal arborizadas; fiscalização prospectiva; fiscalização de empreendimentos e de estruturas; controle e monitoramento de faixas; fiscalização para conservação e proteção de eclosões dentro-cultas.

Atualmente, também no Programa de Monitoramento Profissional em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública de Curitiba

de Altos Estudos de Segurança “Col F50 TERRA” da Polícia Militar do Estado de São Paulo, desenvolver-se mais nos trabalhos abordando a tecnologia dos sensores não tripulados, visando ao seu emprego em ações específicas de segurança pública em zonas urbanas, bem como o Policiamento Ambiental basedo a certificação exigida pelas Agências Nacionais Reguladoras para a operação experimental de veículos aéreos não tripulados de classe micro e mini UAV até 10 quilogramas de peso máximo de decolagem.

Desta forma, acredita-se que ainda há um caminho a ser percorrido para a implementação da tecnologia como ferramenta usual, considerando que permeia o estabelecimento de uma regulamentação quanto à fabricação e operação dos sistemas de veículos aéreos não tripulados, o desenvolvimento e refinação de softwares e hardware, considerando funcionalidades cada vez mais ágeis nos sensores, bem como procedimentos segurança aos sistemas embarcados críticos. ■



**LT. COL. GUSTAVO MAGRONI** | Major da Polícia Militar do Estado de São Paulo, formado pela Academia de Polícia Militar do Barro Branco, em 1994. Atualmente integra o Policiamento Ambiental na região do Rio Pinheiros (SP). E-mail: [gustavo@policia.mil.br](mailto:gustavo@policia.mil.br)

# O PAPEL DO VANT NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA

por Leonardo Martins Gomes

A AMAZÔNIA TEM SOFRIDO UM DEGRADAMENTO DE ÁREAS FLORESTAIS E DE BIODIVERSIDADE ANUALMENTE. O BRASIL PRECISA INTENSIFICAR SEUS ESFORÇOS DE PROTEÇÃO E QUERER CLAMOROSOS COMPROMISSOS PARA COLOCAR EM PRÁTICA INICIATIVAS COMO A CRIAÇÃO DE ZONAS DE DIVERSIDADE BIOLÓGICA, OS VEREDOS AEROS NÃO TRIPULADOS (VANT) COMO INSTRUMENTOS QUE PODEREM TORNAR OS FERRAMENTAS IMPORTANTES NESTA EMPRESA.



**A**TUALMENTE, EXISTEM 118 UNIDADES de Conservação (UC) Federais na Amazônia Legal, somando uma área aproximada de 750.000 km<sup>2</sup>.

Um dos instrumentos que norteiam a gestão deste grande território é o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas. Devido os objetivos do plano, está o desenvolvimento e a implementação de um sistema de fiscalização e controle efetivo para as Unidades de Conservação<sup>1</sup>.

Em contemplação, existe uma significativa carência de recursos humanos nestas áreas protegidas. Na Amazônia, a relação área/função/funcionário das UC Federais pode ultrapassar os 2.700,00 km<sup>2</sup> por funcionário<sup>2</sup>. Para efeito de comparação, esse número é maior que a área de município do Rio de Janeiro.

Neste contexto, o gestor necessita de suporte tecnológico, a fim de agir de forma mais eficiente. Com foco nestas problemáticas, algumas soluções de sistemas de informação e gerenciamento vem se sendo adotadas. Um exemplo são os softwares dos sistemas INTER, em período mensal, e FISCOM, em período anual. Entretanto e desconhecendo, o gestor da UC recebe um alerta com as coordenadas geográficas do local, a partir do qual pode delimitar uma ação de fiscalização.

Contudo, ainda que respondendo a uma parte do problema, esses sistemas não passam longe do estabelecimento de outras atividades ilícitas. Uma empresa não detecta a pesca ilegal ou de espécies proibidas, a caça, além de não permitir a uma empresa rápida as emergências ambientais.

Em UCs isoladas e de difícil acesso, situação predominantemente



na Amazônia, o ICMBio, órgão responsável pela gestão e fiscalização ambiental, utiliza o tratamento de aeronaves de asa fixa como método de monitoramento. Contudo, a alta custo por hora de voo, algo em torno de R\$ 1.500,00, inviabiliza a sua aplicação à rotina de fiscalização<sup>1</sup>.

Além disso, desvantagens técnicas e operacionais envolvem este tipo de solução. O campo de visão do agente de fiscalização é limitado, não há transmissão de imagens em tempo-real para equipes em solo e nem a previsão para alteração de plano de voo após o decolagem. Há que se considerar, ainda, o risco

de acidentes ao qual estáo-expostos os agentes de fiscalização embarcados nestas aeronaves, uma vez que aeronaves alterações de perfil atmosférico são frequentes na região.

O VENT apresenta-se como uma solução que pode vir a preencher essas lacunas. Esta éo-composto por uma aeronave não tripulada com sistemas embarcados críticos e sensores, um link de dados e uma estação de controle com seu operador (Fig. 2). Este conjunto possibilita voos autônomos e a distância, em grande parte, de um simples sensorado.

As aeronaves distinguem-se em características como: capacidade-tipo de uso, potência, tipo de motor, autonomia e carga paga transportada. Outras combinações ocorrem com os

sensores embarcados e capacidade de alcance da estação de controle. Essa plasticidade reflete em diferentes funções e em suas aplicabilidades.

Na gestão ambiental, as VANT podem auxiliar em diferentes ações-críticas na gestão das Unidades de Conservação, como-o mapeamento com imagens-orientadas de locais desmatados, resposta às-emergências ambientais, ações e operações de

**Em UCs isoladas e de difícil acesso, situação predominante na Amazônia, o ICMBio, órgão responsável pela gestão e fiscalização ambiental, utiliza o tratamento de aeronaves de asa fixa como método de monitoramento.**

fiscalização e operações de busca e salvamento.

Em 2013, foram detectados mais de 100 mil focos-de-queimada em toda a Brasil, sendo parte deles no interior de UCAs. Os incêndios florestais possuem um comportamento climático, podendo mudar de direção e intensidade rapidamente. Antes, é tarefa crítica, durante um combate, obter leituras atualizadas sobre a direção e a intensidade do queimado. Um VANT pode ser utilizado para monitorar esse cenário em tempo real, o que aumenta a segurança

**As aeronaves distinguem-se em características como envergadura e tipo de asas, potência, tipo de motor, autonomia e carga paga transportada.**

das equipes de combate e propicia o alcance de maior eficiência.

Outra aplicabilidade surge do desafio imposto pelas características ambientais e de infraestrutura comuns às Unidades de Conservação da Amazônia. Nessas locais, enfrentam-se condições adversas como a inoperância de sistemas de comunicação, a dificuldade de acesso e permanência de aeronaves tripuladas e o risco de curto alcance devido à contaminação do ambiente.

Nesse contexto, um VANT pode ser uma ferramenta importante, além de poder funcionar como ponto de comunicação entre as equipes em solo, ele pode auxiliar na diagnóstico e na tomada de decisão no teatro de operações<sup>12</sup>. Muito além de alcançar visual das equipes de fiscalização, pesquisas anteriores podem adquirir e transmitir imagens em tempo real de acontecimentos locais, pessoas, veículos e embarcações suspeitas de infrações ambientais.

A iniciativa de organização não governamental Conservação-Brasil, o monitoramento de trabalhos florestais realizado pela Administração Nacional de Ocasos e Atmosfera dos Estados Unidos e o combate à caça de florestas no Parque Nacional Kaziranga, na Índia, são apenas alguns dos muitos exemplos intrigantes sobre as fronteiras que estão sendo ultrapassadas<sup>13</sup>.

No Brasil, o ecossistema YANT ainda é incipiente por falta de políticas de proteção e fiscalização do meio ambiente. Uma limitação é a falta de recursos para lidar com a inexistência de regulamentação para o uso civil. Outra se refere ao custo de aquisição, que pode ultrapassar os US\$ 200 mil sem dependerem da configuração de sensores, dos sensores embarcados e do estágio de controle.

Apesar disso, já existem iniciativas promissoras. Uma delas é a parceria entre a ICMBio e a Universidade Federal de Juazeiro, através do seu Núcleo de Excelência em Desenvolvimento de Sistemas Embarcados para Veículos Aéreos Não Tripulados e Robôs Táticos Móveis, coordenado pelo Professor Dr. Raimundo da Silva Soares. Sua finalidade é implementar uma solução de imageamento e reconhecimento de alvos como apoio às ações de fiscalização em regiões isoladas.

Existem, ainda, outras iniciativas pelo Brasil, o exemplo do Comando de Policiamento Ambiental do Estado de São Paulo, que desde 2019 utiliza os YANT em ações de fiscalização. E o Parque Nacional do Pico da Neblina/BA, monitorado pelo Google de

**Muito além do alcance visual das equipes de fiscalização, pequenas aeronaves podem adquirir e transmitir imagens em tempo real de acampamentos ilegais.**

um modelo nacional de sensores e o treinamento da equipe para a operação do equipamento em 2015.

O Brasil, apesar de já possuir algumas empresas nacionais comercializando esses sistemas, ainda não estabeleceu as regulamentações. Contudo, a Agência Nacional de Aviação Civil está organizando encontros para discussão desta normativa. Enquanto isso, para utilizar essas aeronaves, é necessário obter o Certificado de Autorização de Voo Experimental expedido pela ANAC e, em seguida, a autorização do Departamento de Controle do

Espaço Aéreo da Aeronáutica. Não são apenas sensores, os Estados Unidos, onde já operam alguns militares desde a década

tes, devem publicar somente em 2014 a primeira regulamentação sobre o tema.

Em médio e longo prazos, baseado em um marco regulatório e o amadurecimento de uma indústria baseada na pesquisa e desenvolvimento de MNT nacionais, os custos de aquisição poderão diminuir, popularizando esta tecnologia em aplicações civis. Se isso acontecer, em um futuro próximo, as ações voltadas a pesquisa, proteção e conservação da biodiversidade poderão contar com modernas e eficientes ferramentas de trabalho. ■

## CITAÇÕES

1- Além do VANT existem outras acronímias para esses veículos. Recentemente, a CNAC tem adotado o RNAS – Remotely Piloted Aircraft System, embora haja uma tendência mundial à adoção de UAS – Unmanned Aircraft System.

2- Informações retiradas do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Consultado em: <[http://www.mma.gov.br/?inqueri/inqueri001120011\\_ConsolidadoCategoria.pdf](http://www.mma.gov.br/?inqueri/inqueri001120011_ConsolidadoCategoria.pdf)>

3- O PNAS foi estabelecido pelo Decreto No 3706/2006. Consultado em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/1401\\_arquivos/decreto\\_3706\\_2006\\_prog\\_1401.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/1401_arquivos/decreto_3706_2006_prog_1401.pdf)>

4- O círculo foi baseado na Reserva Extrativista do Rio Juruá AM que possui um funcionamento em estado-a e uma área aproximada de 2.700 km<sup>2</sup>. Consultado em: <[http://www.mma.gov.br/arquivos\\_protetores/cadastro-nacional-de-uas/consulta-guar-silvato-do-uc](http://www.mma.gov.br/arquivos_protetores/cadastro-nacional-de-uas/consulta-guar-silvato-do-uc)>

5- Valor vigente para citação realizada no município de Taboão da Serra em 2013.

6- Dados do Programa de Monitoramento de quimadas e Incêndios - INPI, Consultado em: <[https://ignia.cptac.inpe.br/quimadas/incendios\\_filmes.php](https://ignia.cptac.inpe.br/quimadas/incendios_filmes.php)>

7- É possível equipar o VIANT para operar internet em áreas de ausência de sinal.

8- Para mais informações e exemplos de casos de uso, visite o site <<http://conservationdrone.org>> e <<https://viciatopografia.br/projects/2013/01/16-voe-de-falcao/>>

9- Uma cópia digital pode ser obtida em: <<http://www.icas.gov.br/tem/iniciativas/icas/>>



**LEONARDO MARTINS GOMES** | É mestre em geoprocessamento e informática aplicadas (Especialidade do Programa de Mestrado Profissional de Escola Nacional de Botânica Tropical/ENB) e possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Desde 2009 atua na função de agente de fiscalização federal e análise ambiental do IBAMA/ MMA em unidades de conservação federais no Estado do Rio de Janeiro. Possui interesse nas áreas de bioinformática e inovação tecnológica aplicadas à conservação dos recursos naturais.

# VEÍCULOS ROBÓTICOS

## TERRESTRES AUTÔNOMOS

por Samuel Barros, José Barros, Rilla  
Azevedo, Marco Ruyama,  
Ely de Paula, Luis Miranda,  
Bruno Martins, Rafael Coimbra

OS VEÍCULOS TERRESTRES TÊM MERCADO ANUÁRIO  
CRESCENTE EM TODA A GLOBO. COM TUDO, QUANTO  
DO SETOR PRODUZIDO COMPREENDEMOS VEÍCULOS QUE  
EVOLUÍM EM AMBIENTE URBANO, AGRÍCOLA, OU TERRA DE  
ESTRADA? TODOS TERREM?

**O**S ROBÔS TIVERAM SUA UTILIZAÇÃO em grande escala iniciada há aproximadamente 50 anos, no setor de manufatura, orientada principalmente pelos aspectos de produtividade. Hoje em dia, a robótica é analisada como uma das tecnologias de maior potencial transformador em termos econômicos, sociais e ambientais, prevendo tornar-se nas próximas décadas tão onipresente quanto a informática e comunicações o são atualmente. A robótica congrega diferentes áreas de conhecimento e estende-se por diversos setores de aplicação, sendo fator de crescimento, competitividade e contribuição para a qualidade de vida do ser humano. Levantamentos sobre a robótica e suas tendências são apresentados, por exemplo, em (<http://bit.ly/1kai0AF>) e (<http://bit.ly/1haag1a>).

ENTRE OS DOMÍNIOS DA ROBÓTICA, as diferentes classes de robôs que evoluem em ambiente externo apresentam importantes campos de pesquisa, contemplando as mais diversas aplicações. Na sua realidade de utilização mais simples, estes veículos são operados remotamente. Entretanto, as linhas de pesquisa buscam agregar a estes veículos capacidades de funcionamento robótico (abrindo caminhos), para que eles sejam capazes de realizar por si só as tarefas de locomoção e de aplicação designadas, cabendo ao operador as ações estratégicas – mais relevantes e de menor carga e risco. A autonomia



robustez resulta portanto em maiores segurança, flexibilidade e eficiência e menores custos operacionais.

## Veículos terrestres de exterior

OS VEÍCULOS TERRESTRES TÊM MERCADO atencido crescente tanto na comunidade científica quanto de setor produtivo, compreendendo veículos que evoluem em ambiente urbano, agrícola ou "fora de estrada / todo-terreno". De maneira geral, três grandes temas de desenvolvimento podem ser citados:

- Os veículos em si, onde se destacam por um lado a procura de configurações mecânicas com maior capacidade de dirigibilidade e locomoção e por outro lado a introdução de soluções de propulsão não poluentes. Neste último aspecto vêm crescendo o interesse e a penetração no mercado dos veículos elétricos.

- Os sistemas de apoio ao motorista, no conceito conhecido como ADAS – "Advanced Driver Assistance Systems". Esses sistemas, que visam aumentar a segurança e reduzir os riscos de acidentes, têm recebido forte investimento da indústria automotiva. Se inicialmente esses sistemas apenas previam situações que facilitam o motorista na sua condução, atualmente

**No futuro próximo, prevê-se que as soluções de ADAS poderão inclusive assumir o controle do veículo em situações de risco**

oferecem soluções de segurança transparentes ao condutor (por exemplo os sistemas ABS – Anti-lock Braking System) e automatizam operações rotineiras (controle automático de velocidade, realiação de algumas manobras, etc).

No futuro próximo, prevê-se que as soluções de ADAS poderão inclusive assumir o controle do veículo em situações de risco – como perda de aderência, substituição de espantamento, etc.

- Os veículos inteligentes "sem motorista",

que evoluem de forma predominantemente autônoma, detectando obstáculos fixos ou móveis, determinando trajetórias





para a navegabilidade segura e controlando automaticamente a movimentação do veículo. Para locomoção em ambiente urbano, o exemplo recente é também o caso militar (é a denominada "torta de Google"); iniciativas similares existem também no seguimento de máquinas agrícolas.

Essas três temas são, na verdade, complementares e compartilham enfoques e ferramentas. A informação básica pos-

**Modelos matemáticos representativos da cinemática e da dinâmica do veículo são utilizados principalmente na concepção de estimadores de variáveis não mensuradas e na síntese de estratégias de controle para a locomoção do veículo.**

de rotas e direção, GPS, câmeras, lasers, sonares, etc. Essas informações são utilizadas em modelos de percepção do próprio veículo (proprioceptivos) e do ambiente que o circunda (exteroceptivos), explorando também infraestruturas disponíveis no ambiente (como sinalizadores, placas, etc.). Mapas com níveis de abstração distintos (métrico, topológico, semântico) são utilizados para a representação do ambiente. Frequentemente esses mapas são atualizados de forma gradual e, em alguns casos, esse processo envolve também a localização do veículo no ambiente. Modelos matemáticos representativos da cinemática e da dinâmica do veículo são utilizados principalmente na concepção de estimadores de vari-

áveis não mensuradas e na síntese de estratégias de controle para a locomoção do veículo. Modelos de raciocínio guiam os processos de inferência e tomada de decisão, resultando na navegação autônoma do veículo. Para suportar a implementação dessas funcionalidades, são empregadas no veículo arquiteturas distribuídas de tempo real, muitas vezes envolvendo sistemas de comunicação com o mundo exterior.

## Veículos robóticos terrestres de exterior, no Brasil

NO BRASIL, DIFERENTES GRUPOS TÊM se dedicado a pesquisar com veículos terrestres que evoluem em ambiente externo. Uma relação não exaustiva desses grupos, em aspectos generalizados, tem cronológica, é apresentada a seguir para ilustrar os trabalhos desenvolvidos no país.

Uma iniciativa precursora foi o projeto DRIVING 4U, iniciado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UNEFJF) e continuado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) (<http://bit.ly/1gnQ111>). Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) há o projeto CADU (<http://bit.ly/1E04G02>). Na Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos, existem dois projetos: ORENA (<http://bit.ly/1c4TRUjg>) e CARINA (<http://bit.ly/1Nqy80Q>) (<http://bit.ly/1K08m3>). No Espírito Santo, existem duas iniciativas: no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) (<http://bit.ly/1Bb41ybl>) e na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (<http://bit.ly/1Bb41ybl>). A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) também iniciou um programa de pesquisa no tema.

Exceto o projeto CARINA, em sua fase inicial, que utilizou um veículo híbrido, os demais plataformas experimentais nos projetos citados são veículos com veículos dotados de motor a combustão, sendo a missão principal a dos veículos inteligentes autônomos em ambiente urbano.

## O projeto VERO - Veículo Robótico de Exterior

O VERO FOI INICIADO EM 2009 pelo CTEI, congregando parcerias principalmente com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST) – Portugal e a Universidade de Tecnologia de Compiegne (UTC) – França. O projeto tem como foco de pesquisa:

- Tecnologia em veículos híbridos, abordando estratégias de alocação de torque para o controle de motores que atuam em rotas mistas de maneira independente. Essa solução configura um “Silencioso ruidoso por software”, em contraposição ao di-

Essencial mecânica para desenvolver também a concepção de estratégias de controle de tração na ocorrência de escorregamentos e derrapagens:

- Metodologias de navegação autônoma para veículos terrestres em ambientes internos, abrangendo percepção do veículo e de seu ambiente e o controle de sua navegação, na linha de veículos inteligentes em ambiente urbano;

- A robótica de terreno e agrícola, ao considerar para fins de controle e navegação do veículo os efeitos dinâmicos oriundos de inclinações, irregularidades e condições de aderência do terreno, que levam a derrapagens e escorregamentos no contato com o solo. Apesar de o enfoque ser de navegação em campo, vários dos aspectos dinâmicos considerados podem ser revertidos à problemática de condução em ambiente urbano (situações de perda de aderência, por exemplo).

Os primeiros trabalhos se concentraram na consolidação da plataforma experimental, mostrada na **Figura 1**, a qual compreende o veículo em si, o sistema embarcado, estágio de operação, sistema de comunicação e ambiente de software.

O veículo foi construído pela empresa Freedom Veículos Elétricos Ltda, e possui 2,1m de comprimento, 1,10m de largura, suspensão independente nas quatro rodas, tração motora nas rodas traseiras por dois motores de corrente contínua independentes e direção motora pelas duas rodas dianteiras montada em configuração Ackerman. O sistema embarcado compreende o conjunto sensorial Inocoders, GPS, laser e câmera monocolor e controla, via módulos microcontrolados conectados por barramento CAN e duas unidades de processamento mini-ITX integradas por barramento Ethernet. A estação de operação suporta o comando remoto do veículo (modo manual de funcionamento) bem como a programação e monitoração de missões (em modo autônomo), incluindo a



**Figura 1**

Plataforma para testes  
(Cortesia: FFLC)



seleção de algoritmos e seus parâmetros. O sistema de comunicação é composto por dois enlaces bidirecionais e de separação que estabelecem o fluxo bidirecional de informação entre o sistema embarcado e a estação de operação. Como arquitetura de software robótica, foi adotado o Robot Operating System (ROS).

A plataforma robótica do VERO foi validada experimentalmente através da realização autônoma de trajetória por pontos de passagem, sob controle linear [1] (<https://bit.ly/3hC0W6d>). Na continuidade dos trabalhos, três áreas principais foram desenvolvidas: modelagem matemática, controle e localização por estimativa de pose.

A modelagem matemática estabelecida envolve tanto a cinemática [2] quanto a dinâmica (com seis graus de liberdade) [3] do veículo, incluindo a realização de rissos para determinação de parâmetros da cinemática (<https://bit.ly/3n6W5wU>).

Em controle, realiza-se a diferencial eletrônica para regular as velocidades bem como os torques dos dois motores de tração. Abordou-se também, em simulação, a utilização de variáveis de distância e de espessuras antecipativas no controle de trajetória, dando início ao tratamento de situações de variação de referência que provocam encostamentos (longitudinal e lateral) e derrapagens laterais. (<https://bit.ly/3u8vR0w>).

No que tange à localização pela estimativa de pose (posição e orientação) do veículo, foi desenvolvida uma nova metodologia de odometria por múltiplos encoders – formulada como um problema de otimização que apresenta solução analítica de baixo esforço computacional, seguida de fuso-freio odometria com GPS [4]. Foram também implementadas e validadas estratégias de odometria telemétrica calculada em sensores laser [5].

Cabe ressaltar a sua cooperação de plataforma, a que



permite a validação experimental de uma metodologia de visão monocular para a detecção de áreas navegáveis numa estratégia de navegação autônoma reativa, pela Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP em parceria com a Universidade de Cambridge – França (http://bit.ly/1RKL1q).

As pesquisas em curso no VERO abordam temas como o desenvolvimento de uma solução de baixo custo baseada em sensor laser para a navegação entre colunas (Grid, círculos, etc.), metodologias de observação dinâmicas gerando informações destinadas tanto às estratégias ativas de alocação de tempo quanto ao controle não-linear em situações desafiadoras de congestionamento e desengano; as ainda soluções baseadas em visão tanto para detecção de pedestres e direção quanto em novas formulações de controle servorotacional aplicadas ao seguimento de contornos, posicionamentos, dentre outros.

## Conclusão

A PESQUISA EM VEÍCULOS ROBÓTICOS-terrestres para ambientes internos no país, embora relativamente recente, tem produzido resultados científicos e tecnológicos relevantes. Diferentes grupos têm se dedicado com competência ao tema e contribuído para a formação de profissionais e para o avanço do conhecimento nacional. O projeto VERO se insere nesse esforço e tem sido apoiado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INAC-T-SECL, CNPq) e FAPESP.

No contexto brasileiro, alguns cenários merecem ser considerados mais atentamente pelas oportunidades que oferecem para a classe de veículos robóticos-considerada. Por exemplo, soluções voltadas à agricultura ou a aplicações ambientais são de relevância intrínseca. A problemática de mobilidade em centros urbanos e aplicações para logística também apresentam desafios,



Essa que concentra os veículos elétricos, existe um enorme espaço para a geração de tecnologia própria em um mercado que se estende amplo para o mundo. ■

## Referências

- [1] - Miranda, L.G.B.; Azevedo, R.; Barros, J.J.G.; Barros, S. Jr de Paiva, E.C.; Arribas, J.R. "Validação Experimental de um Veículo Robótico Terrestre para Ambientes Externos". Proc. X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI 2011), São João del-Rei, MG, Setembro de 2011.
- [2] - Martins, R.J.; Barros, S.S.; Miranda, L.G.B.; de Paiva, E.C.; Ferreira, P.A.V. "Localização em Robótica Terrestre: Fusão entre Odometria por Múltiplos Eixos e GPS". Proc. X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI 2011), São João del-Rei, MG, Setembro de 2011.
- [3] - Coimbra, R.A.; Arribas, J.R.; de Paiva, E.C.; Barros, S.S. "Efeitos da Dinâmica Tridimensional no Controle de Trajetória de Um Veículo Robótico Terrestre com Quatro Rodas". Proc. XIX Congresso Brasileiro de Automática, CBA-2012, Campinas Grande, PB, Setembro de 2012.
- [4] - Martins, R. J.; Barros, S.S.; Miranda, L.G.B. "Odometria Tridimensional com um Escaner a Laser Monocamada para Veículos em Ambientes Externos". Proc. XIX Congresso Brasileiro de Automática (CBA-2012), Campinas Grande, PB, Setembro de 2012.







**ELIS CARDOSO DE FÁTIMA** é professora adjunta do curso de Engenharia de Controle e Automação da Faculdade de Engenharia Minas (FEM) da UFMG-AMP. É Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1997). É graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco (1990). É pesquisadora colaboradora do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CITE.



**LUÍZ G. B. GONÇALVES** é professor adjunto no Instituto Tecnológico de Informáticos, Direção de Ciência da Computação. Foi professor na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, SR de 2004 a 2014. Doutor em Engenharia Eletrônica de Computadores pela Universidade de Coimbra, Portugal (2000), Master in Electrical and Computer Engineering pela George Mason University (2004), e Mestrado em Ciência da Computação pelo UNICAMP (2001). É graduado em Engenharia de Computação pelo UNICAMP (1999).



**RENATO MARTINS** é doutorando no Instituto Superior Técnico, Escola das Minas de Paris. Graduação em Engenharia de Controle e Automação (2000) e Mestrado em Engenharia Elétrica (2003), ambos pela Universidade Estadual de Campinas.



**RAFAEL A. CORDEIRO** é doutorando pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEELC da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Graduação em Engenharia de Controle e Automação (2004) e Mestrado em Engenharia Mecânica (2014), ambos pela Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da UFMG-AMP.



# VEÍCULOS TERRESTRES AUTÔNOMOS (NÃO TRIPULADOS)

por **Renato Fernando Pfaller**  
Consultor Sênior Exato

A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS TERRESTRES AUTÔNOMOS SÃO BASTANTE DESAFIADORES, UMA VEZ QUE ENVOLVEM MUITAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO: SENSORES PARA LOCALIZAÇÃO, DIREÇÃO, ORIENTAÇÃO E Mapeamento do Ambiente, Mecanismos de Controle e Atuação, Sistemas Eficientes de Processamento da Informação e Comunicação de Dados.

**A** LEMOS QUE OS SISTEMAS COMPUTACIONAIS DESTES VEÍCULOS REQUEREM SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS COMPLEXOS DE TOMADA INTELIGENTE DE DECISÕES EM TEMPO REAL. EM FUNÇÃO DISSO, PODEMOS DIZER QUE A PÓS-EM VEÍCULOS AUTÔNOMOS E INTELIGENTES ADICIONA AS MÚLTIPLAS ÁREAS DO CONHECIMENTO RELACIONADAS À COMPUTAÇÃO, ONDE PODEMOS CITAR AGORA ALGUMAS DESTAS ÁREAS: AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, REDES DE COMPUTADORES, SEGURANÇA E CRIPTOGRAFIA, PROCESSAMENTO DE ALTO DESEMPENHO, PROCESSAMENTO PARALELO E DISTRIBUÍDO, COMPUTAÇÃO GÊNERICA, VISÃO COMPUTACIONAL, PROCESSAMENTO E VISUALIZAÇÃO DE DADOS 3D-POINT CLOUDS, COMPUTAÇÃO REPRESENTAÇÃO E USO DE MAPAS, PLANEJAMENTO E OTIMIZAÇÃO, TOLERÂNCIA A FALHAS, ENTRE OUTRAS ÁREAS. PORTANTO, DEMONSTRAR PROBLEMAS E TRABALHOS RELACIONADOS A NÚCLEOS AUTÔNOMOS E TAMBÉM UMA FORMA DE PROMOVER O DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS.

### Histórico de desenvolvimento no exterior

A pesquisa e desenvolvimento de veículos autônomos não sendo feita desde a década de 60, com iniciativas norte-americanas e europeias. Um dos pioneiros nessa área foi o pesquisador alemão Ernst Dickmanns no projeto PROMETHEUS (PROMETHEUS for a European Traffic-efficient Efficiency and Unprecedented Safety). Na mesma época, o Nautilus, grupo de pesquisa da Carnegie Mellon University (CMU), iniciou o desenvolvimento do Nautilus 1, primeira de uma série de mais de 10 veículos autônomos criados ao longo dos anos. Um dos projetos mais bem-sucedidos do Nautilus, que recebeu considerável atenção pela comunidade científica no ano 90, foi o desenvolvimento do ALVINN (Autonomous

Laser Vehicle In a Virtual Network), que usava uma rede neural artificial para classificar imagens de uma câmera e controlar o veículo nas estradas. Desde então, diversos projetos foram concluídos por Universidades e Empresas (incubadoras de veículos), porém o maior "salto" no desenvolvimento de veículos terrestres autônomos se deu quando a DARPA (Agência de Pesquisas do Departamento de Defesa Norte-Americano) propôs o "DARPA Grand Challenge" em 2004. Esse desafio era uma competição realizada em estradas no deserto de Califórnia, onde veículos sem piloto deveriam realizar um percurso de aproximadamente 200km de forma autônoma, competindo por um prêmio de 1 milhão de dólares. Apesar de 105 equipes inscritas, não houve vencedores, sendo que a equipe que conseguiu o melhor resultado percorreu apenas 11km. Em 2005 foi realizado uma nova edição deste desafio, com 105 equipes inscritas, das quais 6 conseguiram completar o percurso. O vencedor foi o veículo Stanley da Universidade de Stanford, cuja equipe era liderada pelo Prof. Sebastian Thrun. As competições de 2004 e 2005 levaram ao desenvolvimento de diversas tecnologias, dentre elas o aperfeiçoamento dos sensores a Laser (LIDAR).

Em 2007 a DARPA propôs um novo desafio, o "DARPA Urban Challenge", que trata uma série de novos desafios, uma vez que os veículos deviam trabalhar em ambientes urbanos, com ruas mais bem definidas, espaços mais tortuosos e, principalmente, interagindo com outros veículos e respeitando as regras de trânsito locais. Em 2007 a equipe vencedora foi a do CMU com o veículo construído como Bushy Clearance Racing1. A equipe de Stanford ficou em 2º lugar com o veículo Icarus. Novas e importantes descobertas tecnológicas e científicas resultaram desta competição, que chamou a atenção da indústria automotiva demonstrando claramente seu potencial comercial.

Em 2010, dentro do programa HTAS (High Tech. Autonomous

System1, a governo Holandês realizou o Grand/Cooperative Driving Challenge. Nela, as equipes participantes tinham como objetivo desenvolver um veículo autônomo-capaz de se comunicar voluntariamente com um veículo controlado entre veículos e efetuar o controle de velocidade de maneira coordenada. Onze grupos de pesquisa europeus participaram dessa iniciativa. Desses, nove participaram da criação e oito foram capazes de completar o desafio. Os testes foram julgados em critérios-objetivos e de realidade, e também utilizando critérios baseados no desempenho individual e coletivo de controle de veículos.

---

**Uma iniciativa de grande relevância na área é o Google Self-driving car, que conta com a experiência de pesquisadores das universidades Stanford e Carnegie Mellon.**

---

O veículo de teste AutoPAC, do Instituto de Tecnologia de Karlsruhe, obteve a maior pontuação dentre os participantes e foi considerado o vencedor do desafio.

Uma iniciativa de grande relevância na área é o Google Self-driving car, que conta com a experiência de pesquisadores das universidades Stanford e Carnegie Mellon, que foram os grandes vencedores de DARPA Grand Challenge e Urban Challenge. O veículo do Google já tem autorização para ser testado na rua de quatro estados americanos e até agosto de 2012 já teria completado 500.000km de

navegação autônoma sem a ocorrência de acidentes. Segundo os pesquisadores da empresa, o Google Self-driving car já é capaz de frear, acelerar e manter uma distância segura dos outros veículos de modo mais eficiente do que um motorista humano.

Outra linha de pesquisa que tem recebido atenção pelos pesquisadores da área é o desenvolvimento de sistemas baseados em visão computacional. Considerando-se que as câmeras têm um custo consideravelmente mais baixo-do que os sensores LIDAR, a aplicabilidade comercial desse tipo de tecnologia é

maior. Os grupos das universidades de Oxford (Inglaterra), Parma (Itália) e Karlsruhe (Alemanha) têm optado por essa abordagem em seus projetos, obtendo excelentes resultados.

Por fim, atualmente, a maior parte das empresas da área automotiva tem projetos relacionados ao desenvolvimento de navegação autônoma ou de direção autônoma. Atualmente encontram-se disponíveis no mercado carros capazes de controlar aceleração, frear quando próximo a outros veículos e mudar o caminho quando o mesmo está saindo de sua faixa. Por fim, empresas como a Toyota e a Nissan prometem comercializar carros completamente autônomos em 2020.

#### Histórico de desenvolvimentos no Brasil

No Brasil, os desenvolvimentos na área de pesquisa em veículos terrestres autônomos (carros inteligentes) são mais recentes. As primeiras iniciativas foram dos grupos da UFMG (Lab. CORCO DRE) com o veículo CADU (Carro Autônomo da UFMG) e da UNIFEI (projeto DrivingFast) a partir de meados de 2007. Além disso, existem projetos em andamento como o VERO (Veículo Robótico) desenvolvido no CTC Campinas, o AutoLab na FEM/UNICAMP e LIMA (Intelligent Autonomous Mobile Robots) desenvolvidos na UFES, o SESA (Sistema Embasado para Navegação Autônoma na ESQ/USP) e o CABINA (Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma) na UNIC USP. Alguns dos veículos já concluíram o processo de automação e podem ser controlados por comando de um computador, enquanto outros ainda não chegaram nessa etapa de desenvolvimento. A maior parte dos testes de controle dos carros é realizada dentro dos campi das respectivas universidades. Dentre as iniciativas brasileiras na área de veículos inteligentes, o CABINA é o pioneiro na realização de navegação autônoma em ruas urbanas.



#### Leitura

##### Recomendada

Carros autônomos: Inovação brasileira no veículo 3.0? Como inovar e contribuir para o futuro do transporte urbano. Revista Pesquisa FAPESP, novembro de 2014, pag. 70-84.

O projeto CalRNA, que vem sendo desenvolvido pelo Laboratório de Robótica Móvel LRM - RCMC/USP com o suporte da FAPESP (2014/01827-5), teve início em abril de 2010, com a aquisição do veículo-robô CalRNA 1. Em outubro de 2010, o CalRNA 1 realizou os primeiros testes de condução autônoma no Campus 2 da USP em São Carlos.

Em julho de 2011 foi adquirido o CalRNA 2 (Pier Paolo Andreatta Dialogica), que possibilita testes experimentais em situações de trânsito urbano e em maior velocidade. Em abril de 2012 foram realizados os primeiros testes de controle computacional Cruise by wire do CalRNA 2. Em setembro do mesmo ano, o veículo foi testado nas ruas do campus 2 da USP em São Carlos, pela primeira vez, com controle totalmente autônomo. Em setembro de 2013, o CalRNA 2 percorreu mais de 200km em modo autônomo dentro do campus da USP em São Carlos, e, finalmente, em outubro o mesmo realizou seus primeiros testes de navegação autônoma nas ruas da cidade de São Carlos. O teste contou com a participação e



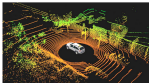
Figura 11  
Veículo CalRNA 2 em  
navegação autônoma no Mo-  
dulo 2P

a apoio das Secretarias Municipais de Transporte e Trânsito, e de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia de São Carlos. Seguindo as as pesquisas realizadas durante os preparativos e a demonstração pública, foram percorridas mais de 20 horas de navegação sem a intervenção de um motorista humano. O CallENA 2 foi capaz de navegar com precisão em velocidades de até 60km/h, identificando e mantendo uma distância segura de outros veículos e pedestres. Esse é o primeiro teste de um veículo autônomo com direção autônoma no âmbito latino, e um passo importante para o desenvolvimento desse tipo de pesquisa no Brasil.

#### Conclusões e perspectivas

O desenvolvimento de veículos inteligentes é uma área de pesquisa com grande potencial científico e comercial. Esse tipo de tecnologia pode contribuir significativamente para a redução do número de acidentes nas ruas e rodovias, aumentar a mobilidade de idosos e portadores de necessidades especiais

Figura 01  
Carros autônomos  
para o teste  
CallENA 2 em  
ruas de São  
Carlos-SP



e otimizar o fluxo de trânsito nas grandes vias urbanas, a agricultura, que tem uma importância estratégica para o Brasil, é um na área que poderia beneficiar diretamente dos sistemas de controle autônomos, permitindo um aumento de produtividade e a redução de acidentes de trabalho no campo. ■



**EDEM FERNANDO FERREZ** | Professor no Departamento de Sistemas de Computação e membro do Laboratório de Robótica Móvel do ICMC/USP. Tem interesse nas áreas de Robótica Móvel e Visão Computacional e desenvolver projetos na área de robótica autônoma e sistemas de controle inteligente.



**FERNANDO GENTON CHIBRO** | Professor no Departamento de Sistemas de Computação e membro do Laboratório de Robótica Móvel do ICMC/USP. Tem interesse nas áreas de Robótica Móvel e Inteligência Artificial e desenvolver projetos na área de robótica autônoma e robôs de segurança.





# SISTEMAS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

## PARA O MONITORAMENTO E GESTÃO DE RISCO DO BIOMA AMAZÔNICO

por *Paulo José Baptista Hughes-Carvalho, Samuel  
Sapiano Rocha e Patrícia Ferreira Mota*

O BIOMA AMAZÔNICO É BOMBARDEADO POR RECORRENTE  
RELEVÂNCIA ECOLÓGICA, A PROTEÇÃO DOS ECOSISTEMAS,  
A CONSERVAÇÃO E O USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS  
NATURAIS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS  
DIFERENTES POPULAÇÕES EXISTENTES APRESENTAM  
DESAFIOS COMPLEXOS.

**A** DIÁGNOSIS, A PRESSÃO ANTRÓPICA PARA O  
desenvolvimento – sempre em certas regiões agrárias e  
zonárias. Atualmente, grande parte das informações  
disponíveis sobre a floresta é oriunda de imagens de satélites  
disponibilizadas em intervalos de dias ou até semanas. Mesmo  
quando consideramos a importância desta ciência para

a construção de modelos em larga-escala, desde as provas eficazes para ações-de-estado-prazo, como iniciar e concluir a uma-permanada antes que ela se dilate ou evitar a poluição ambiental para uma zona verde e-desmatamento está ocorrendo. É uma realidade mais que a aplicação de sistemas baseados em monitoramento áreas de baixa altitude traz vantagens indubitáveis, por fornecer informações multidiretas com alta regularidade (tempo entre amostras), pequena granularidade (escala de granularidade da unidade de amostragem) e baixa latência (tempo entre aquisição e disponibilização da amostra). Podemos dividir estes sistemas em duas grandes classes ou faixas e os robôs que podem ser utilizados individualmente ou combinados em um sistema colaborativo. Os sistemas faixas são constituídos por balões autônomos, ou aerostatos, posicionados a altura de até 3 mil metros do solo, sendo flexíveis e versáteis na sua utilização, relativamente simples de serem lançados e recolhidos e podem ser facilmente transportados até o ponto de instalação. O envelope interno serve para o balão de inflar e dimensionado para atender à condição de operação desejada, e sua instalação implica uma intervenção muito menos agressiva ao ambiente do que uma rede de comunicação convencional. Os aerostatos possuem confiabilidade e resistência a incidentes atmosféricos compatíveis com os meios de comunicação. Podem hospedar diversos tipos de sensores, no mesmo tempo que possuem uma infraestrutura de telecomunicações para a regulação em seu robô.

Os sistemas aéreos robôs, por sua vez, são compostos de aeronaves Fixadas Alas Não Tripuladas (FANTAs, ou "alones"). Os FANTAs são apresentando um crescimento contínuo de penetração no mercado. Destinados inicialmente à aplicação predominantemente militares e de segurança, eles passaram a cobrir uma ampla e diversa gama de aplicações civis, desde o levantamento topográfico até a inspeção de danos

e estruturas ao se livrar ou a apoiar túncas em casos de distúrbios naturais, dentre outros. Existem diversas classes de VLMs, com capacidade de manobra, velocidade de operação autônoma de uso característicos. A Tabela 1 compara algumas das principais características, todas importantes fatores de análise qual a classe de aeronave mais apropriada para atendimento aos requisitos principais da missão e as disponíveis.

Tipo de substituição	Exemplo de aeronave	Manobrabilidade	Capacidade de uso padrão
Aerobios	Avião	baixa	uso padrão
Aerostáticos	Helicóptero	moderada	padrão
Aerostática	Drone	moderada	padrão

Tipo de substituição	Duração de uso	Velocidade de uso	Cobertura operacional
Aerobios	curta	alta	alta
Aerostáticos	baixa	baixa	baixa
Aerostática	alta	baixa	moderada

Em termos operacionais, os UAVs são geralmente dotados de alguma capacidade de funcionamento autônomo, o que envolve a composição de quatro sub-sistemas (1) e recebe além propriamente dito, (2) os sensores e processamento embarcados, mas metodologias de controle e navegação que geram a monitorização da aeronave, (3) um conjunto de enlaces de rádio entre a aeronave e a terra, (4) uma estação de solo para comando, controle e acompanhamento das missões. Acrescentando-se, para grupos de veículos que atuam conjuntamente no desenvolvimento de missões, há a necessidade de uma arquitetura

de software volatilizou o ativo. Todas essas componentes são essenciais ao uso de recursos de software e para sua confiabilidade e robustez, os aspectos de software críticos precisam ser tratados adequadamente.

A seguir discutimos dois importantes cenários de aplicação para os sistemas sobre fluxos e sobre os conteúdos de floresta amazônica.

## 1. Gestão de Risco na Prevenção Contra o Desmatamento

Visando abordar-se que o monitoramento por satélite tem em seu foco a ampla cobertura de área, a intervenção necessária face a um determinado processo de desmatamento em curso lombando agentes ambientais, por exemplo, com report curto intervalo-de-tempo sobre aquisição-de-informação e ação-o-que-não-é-propriedade-por-satélites. Precisa-se tratar o desmatamento como um problema-de-gestão-de-risco, de certo-prazo, assumindo-se algumas premissas para os eventos e mensurando-se de acordo-com-a-possibilidade-de-ocorrerem-e-o-impacto-geral-como-ocorrerem. A proposta é cuidar-na-definição-de-perímetros-de-observação-raiz-que-levem-em-conta-a-probabilidade-de-ocorrência-de-um-evento-de-desmatamento:

### 1.1. Perímetros de risco limitante.

Alta regularidade no monitoramento de perfis de 34-7. Estes perímetros são comprimentos na ordem de quilômetros. O objetivo é detectar possíveis alterações no bioma. Uma relação interessante é combinar sentinelas com redes de sensores sem fio. Exemplos seriam as áreas de floresta limitadora regiões urbanas ou próximas a rodovias.

### 1. Perímetros de alta risco.

Áreas de relativo fácil acesso, mas que não se enquadraram como de risco imediato. O maior exemplo é o regular, porém não 24/7, SANTS de baixa autonomia de sua própria aplicação insulínica. Cursos de boa navegação ou estradas a partir de zonas urbanas, fazendas, esatélites ou mineração são exemplos de perímetros de alto risco.

### 2. Perímetros de proteção permanente.

Áreas de baixa probabilidade de desmatamento, porém que ainda exigiram cuidados. Neste caso a regularidade da aplicação seria distribuída de forma mais espaçada, podendo ser utilizado *driftless*, com maior autonomia de uso.

Se para ilustrar o problema, foi divulgada recentemente matéria sobre a ameaça ao fornecimento de água para a Cidade de Manaus em função da pressão sobre a Reserva Adigilho Duha<sup>10</sup>. Esta reserva sob pressão do litório que contrasta com o desmatamento ao redor, dando ao qualificado verde que a caracteriza uma aparência artificial (Figura 1, à esquerda). Já a imagem à direita apresenta casos de desmatamento irregular feitos por moradores vizinhos à outra reserva, a do campo da Universidade Federal do Amazonas. Protegida pelos muros de sua residência, os moradores fazem da floresta parte de seu quintal. Estes dois cenários ocorrem em perímetros de risco imediato e de alto risco. Outro exemplo é o conhecido efeito de desmatamento em “espíritos de praia”, como o que pode ser visto na área de influência da BR 174 (Manaus - Boa Vista) (Figura 2). Uma estratégia permanente sobre terrenos possibilitados de desmatamento criminoso por oferecer rápido deslocamento de homens e máquinas e o posterior encobrimento de produção. Uma política baseada nos três perímetros pode ser útil na prevenção de



Inovação Antimicrobica  
 Colaboração com o Centro de  
 Inovação em Saúde  
 Antimicrobica  
 2019 e 2020  
 Apoio financeiro do  
 Conselho Nacional de  
 Desenvolvimento Científico e  
 Tecnológico (CNPq)  
 301301/2018-0

descontaminada em situações como esta.

Porém, nem todo descontaminante é crítico: a Amarela possui projetos de infraestrutura de grande porte que, naturalmente, produzem um alto impacto ambiental. A maior problemática por tais projetos não se dá nos riscos de se tomarem agentes de descontaminante desconhecidos, entendendo o impacto ambiental muito além do previsto para Obta. Neste caso, a perfuração de grande porte seria dinâmica. No início, todo o pericuíto da obra seria de risco limitado e, à medida que ela avança, o risco seria reavaliado e alterado de acordo com a situação. No final a região sempre seria classificada como de proteção permanente. Com isso espera-se que o descontaminante seja controlado ao estritamente necessário.

**Figura 1**

Exemplos de projetos de infraestrutura em áreas de risco ambiental. Exemplo de uma obra de campo de Obta em área de risco ambiental.



**Figura 2**

Descontaminação em uma obra de campo na região de Obta (COPACOL 44).



## 2. Aquisição de informações ambientais e apoio ao uso sustentável de recursos naturais

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSS) oferece entre outros serviços de aplicação desde os TANTs diferentes vantagens operacionais ao monitoramento ambiental. As duas grandes unidades de conservação apoiadas pelo Instituto, que são as Reservas de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e Aruanã, somam 1.074.000 ha de áreas geológicas que fazem parte do Cerrado Central da Amazônia. O Instituto Mamirauá possui diversas bases científicas destinadas a apoiar os seus pesquisadores em campo. A equipe também desenvolve programas comunitários comprometidos com o uso sustentável dos recursos naturais que o bioma oferece. A compreensão do comportamento das florestas de vida presentes nesse bioma, sua diversidade, sazonalidade e inter-relacionamentos, aparece como foco primordial. Para cumprir bem o seu propósito como plataforma de monitoramento e coleta sistemática de informações, mantendo as especialistas na construção de seus conhecimentos, o TANT deve ser facilmente transportável, de fácil manuseio, flexível em que ele suporte a coleta de dados, robusto na sua utilização e ter a capacidade de aquisição de dados compatível com o hardware da área.

Um dos desafios enfrentados pelo TANT é o de reunir as diferentes evidências para a aquisição de dados no campo e o alto tempo de latência entre a aquisição e o seu processamento. As distâncias típicas entre as diversas bases e comunidades são de algumas dezenas de quilômetros, e sua localização ocorre em áreas que as condições climáticas incluem condições severas em que são exigidos a aquisição e envio dos dados para processamento.





de Aeronáutica OmegaAerolystems – pequena empresa aeronáutica de muito tecnologia, sediada no Farnas BT-Instituto Superior Técnico de Lisboa – Portugal, Dronas, a UEM e a CITE são associadas ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC).

As pesquisas colaborativas dessas instituições são suportadas pelas seguintes propostas vigentes:

- **DRON4 – Dirigível Robótico de Concepção Inovadora** (Chamada Nº 2020/01607/2019CT-Aeronáutica/CT-Espacial – Apoio ao Desenvolvimento Científico, Tecnológico e de Inovação no Setor Aeroespacial, Proc. 4081/2015-R). O projeto abrange um protótipo inovador de dirigível, dotado de quatro propulsores elétricos rotativos e infraestrutura robótica mais estratégias de controle e navegação, validando o conceito em aplicações piloto de cunho ambiental na área do ISM.
- **ARTES – Artistas Remoto de Telecomunicação e Sensoriamento** (Edital n.º 015/2017 PROTI – PESQUISA, da EAPLARI). O projeto contempla a construção e implantação de um ambiente de telepresença, inserido no regime de atuação do ISM, com as funções de monitoramento de biodiversidade (por sensores e rede de sensores) e de telecomunicação (para recebimento da programação de aquisição de dados e envio das informações sensoriais adquiridas).
- **ACAMERS – Aplicação no Campo de Plataformas** (Arquitetura de Sensoriamento Remoto) (Edital no 01/2017 – PROTI – MONITORAÇÃO, da EAPLARI), que busca viabilizar as interações dos pesquisadores distribuídos para especificação de métodos de observação aérea e monitoramento ambiental nos estados de caso a serem realizados na área do ISM.
- **Sistema de Mini-Meta para monitoramento de áreas com Minimização de Tempo**, Convênio Fincap Nº Ref.005/18, Com vigência até dezembro de 2018, este projeto de coordenação

geral do CEADIMEC/ETMC tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma linha de mini-VANTS com alta grau de autonomia para o desempenho de missões de monitoramento por imagens no espectro visível.

• **Núcleo de Excelência em Desenvolvimento de Sistemas Embarcados para Veículos Aéreos Não Tripulados e Robôs Terrestres** é o programa de apoio a missões de pesquisa - PROTOFAPIAM/CEPq, Processo 0118/2011.



**JOSÉ REGINALDO HUGHES CARBALHO** | É professor adjunto, Diretor do Instituto de Computação da UFAM desde 2009 e membro dos GPs de Engenharia de Software e Sistemas Embarcados e de Robótica e Visão.



**RAPHAËL ARJENTES BUISSON** | é Tecnologista Sênior do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer. Gradua-se em Engenharia Elétrica e em Telecomunicações pela Universidade Católica de Milão (Itália) (1981), obtém a Especialidade em Engenharia Física pela Universidade Estadual de Campinas (1989) e a doutorado pela Université de Nice-Sophia Antipolis (França) (1991).



**ROSAVALDO FERREIRA MODESTO** | É técnico de Nível Superior Sênior do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá-IDSMM/IBRTE. É pesquisador do Grupo de Pesquisa em Inovação, Desenvolvimento e Adaptação de Tecnologias Sustentáveis (GPIEDATS), do IDSMM e atualmente é Coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológica Sustentável do IDSMM (NITS).



**Sistemas Sociais e Eventos de  
Grandes Massas: Ampliando  
Desafios da Computação**

**Centro de Convenções Brasil 21**

**28 a 31 de Julho de 2014  
Brasília-DF**

<http://osbc2014.cic.unb.br>

Promoção



Realização

