

## **PLANO DE TRABALHO**

**PLATAFORMA AÉREA -TERRESTRE, PARA A DETECÇÃO E SENSOREAMENTO REMOTOS  
DE FONTES RADIOATIVAS E/OU SENSOREAMENTO REMOTO AMBIENTAL**

Cristiano Stefano Mucsi

Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais

Proposta de projeto

**PLATAFORMA AÉREA -TERRESTRE, PARA A DETECÇÃO E SENSOREAMENTO REMOTOS  
DE FONTES RADIOATIVAS E/OU SENSOREAMENTO REMOTO AMBIENTAL**

Edital Interno de Oportunidade de Nucleação de Novos Projetos de Pesquisa -  
DPDE/IPEN nº4/2017

Proponente: Cristiano Stefano Mucsi  
Centro de Ciência e Tecnologia de Materiais

## Identificação da proposta

A utilização de sistemas de sensoriamento remoto é uma prática já bastante comum na ciência, tecnologia e indústria, com uma quase incontável gama de aplicações, complexidades e custos. O sensoriamento remoto está presente na sociedade desde as imagens satelitais, para análise de dados geográficos até as simples estações meteorológicas domésticas <sup>1</sup>. A diferença entre estes encontra-se, basicamente, na complexidade dos sensores e no sistema de transmissão robusta de dados.

A indústria nuclear, desde há muito, não está isenta ou alheia à disponibilidade desta tecnologia, como pode ser observado em longa bibliografia disponível <sup>2</sup>.

O monitoramento de sensores não se restringe aos parâmetros de funcionamento das plantas nucleares, de diversas aplicações e utilidades, mas vem ganhando fama, apesar de ser desde sempre utilizada, no monitoramento ambiental das plantas nucleares e de dispositivos que se utilizam de materiais radioativos e da radiação ionizante.

Notadamente, estações fixas de sensoriamento do nível das marés, profundidade de canais de portos e vão sob pontes são motivo de atuação intensa da *North Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), disponibilizando dados necessários ao planejamento do carregamento de embarcações de carga em portos norte americanos <sup>3</sup>.

Uma adição aos sistemas de monitoramento remoto foi a utilização de plataformas de transporte para o posicionamento móvel dos sensores. O exemplo mais comum são os balões meteorológicos, novamente com uma ampla gama de complexidade, como aqueles enviados por alunos de escolas secundárias <sup>4</sup> aos dispositivos que rotineiramente fazem avaliações do clima terrestre.

A utilização de plataformas móveis, para ações remotas vem ganhando notoriedade, com os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) americanos, entretanto a demanda para a disponibilização de sua utilização pela indústria tem sido expressiva, nas mais diversas áreas onde a tarefa a ser realizada pode colocar o ser humano em risco <sup>5,6</sup>.

Face à natureza recente desta tecnologia, não existe um modelo com conformação definitiva para estes equipamentos. Sendo assim, Estes são adaptados pelo usuário, para as missões específicas, personalizando-se o equipamento de medição às necessidades do usuário, pesquisador, etc. A variedade é tanta, que os VANTs variam, em dimensão, de poucos centímetros até mais de 36 metros, como mostrado na FIG 1 <sup>7</sup>.



Figura 1. Apresentação da variedade de formas e dimensões encontradas em VANTs <sup>7</sup>.

A eventualidade de acidentes nucleares vem chamando a atenção de universidades, para o desenvolvimento de plataformas com as quais se possa atuar em campo, com diminuição do risco à saúde humana. Este assunto vem sendo tratado há algum tempo, especialmente nas estratégias e conhecimento embarcado em plataformas aéreas e terrestres autônomas <sup>8,9</sup>. A determinação da emissão de carbono de instalações industriais, e nucleares, é hoje uma realidade. Esta se faz necessária para a compreensão de uma nova forma de economia, afetada pela crise climática. A “pegada de carbono” de uma instalação está associada à elevação de temperatura causada pela instalação <sup>10</sup>; neste sentido, a utilização de plataformas de sensoriamento remoto pode ser uma alternativa com custo atrativo, para a determinação do campo de temperaturas no entorno de uma instalação, sob diferentes condições de contorno, e a subsequente determinação da carga térmica emitida ao meio ambiente circundante.

Uma classe específica dos VANTs é aquela dos quadricópteros que, a despeito de estarem associados à brinquedos, têm representantes de alta tecnologia e desempenho. Tal é a importância que estes dispositivos vem ganhando, que foram alvo de regulamentação específica, tanto da Agência Nacional de Aviação Civil, ANAC <sup>11</sup>, como da Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL <sup>12</sup>.

Sugere-se que, devido à ampla disponibilidade de dispositivos eletrônicos, micro controladores, micro processadores e sensores, aliada à integrabilidade dos sistemas embarcados nestas plataformas, sejam estas uma ferramenta para a detecção e demarcação de fontes radiativas em ambientes abertos, sem a necessidade de exposição de agentes humanos a riscos desnecessários; bem como, gerando informações sobre a localização ambiental, com precisão adequada.

A medição da grandeza de interesse deverá ser associada à uma coordenada espacial, com precisão adequada, idealmente calculada pelo sistema *Real Time Kinematics* (RTK). A integração destes dois sistemas deverá possibilitar a construção de um mapa tridimensional do campo de dose ou de temperaturas. Eventualmente, no caso exclusivo de localização de fontes radioativas, a precisão da localização poderá ser aquela gerada por um sistema de GPS.

Dispositivos RTK são sistemas com dupla recepção de satélite GPS, sendo um deles um receptor estático utilizado na correção da posição do receptor GPS móvel. Atualmente há sistemas RTK com altíssima resolução, utilizados em agrimensura e geoposicionamento, entretanto tem entrado em disponibilidade sistemas RTK com custo bastante acessível<sup>13</sup>. Estes dispositivos tem dimensão e massa bastante reduzidas, mostrando-se adequados à utilização em VANTs de pequenas dimensões, ANAC tipo 3.

O projeto tem como objetivo esperado a capacitação da equipe no conhecimento e inteligência necessárias à construção de um sistema composto de uma plataforma móvel, aérea e/ou terrestre, para a medição instantânea de sinais ambientais, dose radioativa ou temperatura, de uso exterior, a ser utilizada na detecção e mapeamento de fontes radioativas e de fontes de calor. Esta abordagem visa permitir a ampliação das dimensões do projeto

### **Qualificação do principal problema a ser abordado**

O foco deste projeto é a capacitação profissional e aquisição de *know how*, para a construção de uma plataforma aérea e/ou terrestre, para a detecção e mapeamento de fontes radioativas térmicas. O produto esperado é uma plataforma VANT, classe 3 da ANAC – até 25 kg, capaz de realizar vôos automáticos, de missões pré programadas. Há, também, o plano de se construir uma unidade terrestre, tipo ROVER, para aplicação em ambiente externo, utilizando a tecnologia desenvolvida. O *spin off* deste projeto é escalabilidade, para equipamentos de maior dimensão.

O mapeamento de qualquer parâmetro ambiental está fortemente ligado às resoluções espacial e de sinal que se desejam obter. A utilização de sistema GPS comuns permite a obtenção de resoluções espaciais da ordem de metros, adequada, para dimensões de uma instalação nuclear, mas inadequadas para a localização precisa de fontes, ou para um mapeamento de menor dimensão. Para contornar este problema é proposta a utilização de um sistema de *Real Time Kinematics* (RTK), que se utiliza de uma segunda estação de GPS, dedicada a servir de referência de precisão, permitindo ao sistema de mapeamento atingir uma resolução espacial da ordem de até  $10^{-2}$  metros.

Para o mapeamento das fontes radioativas ou térmicas enfrenta-se o desafio de realizar a integração e o sincronismo do sinal do sensor, com os dados do GPS com precisão espacial adequada ao problema a ser resolvido. Após isto feito, é determinado o ponto  $S(x,y,z)$ , sinal do sensor no ponto  $(x,y,z)$ , que pode ser armazenado no VANT,

enviado à estação base ou ambos. O conjunto destes dados, forma uma matriz de mapeamento  $S(x,y,z)$ ; esta matriz tem os dados necessários, para a apresentação ao usuário, através de algoritmo próprio a ser desenvolvido. Outrossim, será desenvolvido um algoritmo, para o planejamento de missões, em função de: autonomia de vôo, dimensões do espaço a ser analisado, tipo de sinal a ser adquirido, resolução espacial desejada, resolução da taxa de dose e resolução da leitura térmica; limitados pelas características operacionais do equipamento

O desafio para o mapeamento é diferente daquele que será encontrado na localização de fontes radioativas; este demanda estratégias diferentes da anterior, pois, para aumentar a eficiência do processo, deve-se evitar a localização pós mapeamento cartesiano, mas buscar um algoritmo de busca inteligente. Estes algoritmos utilizam-se de filtros Kalman ou da Estimação Recursiva Bayesiana, para localizar com maior eficiência polos em distribuições de sinal.<sup>9, 14</sup>.

Em resumo, o problema principal é a inteligência a ser embarcada em duas plataformas móveis, um VANT aéreo e um ROVER terrestre, a serem construídos, conforme as tabelas características que segue, e a viabilização de uma tecnologia para o mapeamento e/ou a detecção de fontes radioativas e térmicas.

Característica preliminares da plataforma aérea:

1	Classificação ANAC tipo 3	Custo baixo, máx. 25 kg
2	Internacional F 450 ou F 550	Custo inicial baixo
3	Protótipo com três motores	Menor dificuldade técnica, para testes, custo baixo
4	Projeto final com quatro ou seis motores	Maior capacidade de carga útil - detetores
5	Utilização de componentes comerciais	Menor tempo de viabilização da construção
6	Sensor Geiger com saída analógica/digital	
7	Sensores de temperatura	
8	Lógica embarcada para auto posicionamento, integrando GPS e piloto automático	
9	Lógica embarcada de aquisição de dados	
10	Câmera para visão remota com movimento independente do equipamento	
11	Integração com estação remota de solo	
12	Limites atmosféricos	A determinar
13	Lista de sensores	Em avaliação

Características preliminares da plataforma ROVER, terrestre:

1	Meio de atuação: TERRESTRE.
2	Tração : 4x2 ou 4x4 ou lagartas.
3	Superfície: <i>on-road</i> e <i>off-road</i> .
4	Velocidade máxima <i>on road</i> de 1 m/s.
5	Velocidade máxima de cruzeiro <i>on road</i> de 0,5 m/s.
6	Raio de curva mínimo igual à metade da maior dimensão do veículo (?).
7	Largura máxima do veículo - 400 mm.
8	Altura máxima do veículo – a determinar.
9	Capacidade de superação de obstáculos mínima de 200 mm vertical tipo degrau.
10	Capacidade de superação de obstáculos vão – a determinar.
11	Capacidade de superação de obstáculos lombada – a determinar.
12	Capacidade de superação de escada: Padrão ABNT com altura de degrau de 200 mm.
13	Inclinação frontal máxima de ao menos 100 %, Linearmente Independente.
14	Inclinação lateral máxima de ao menos 100 % , Linearmente Independente.
15	Peso Bruto Total do veículo máximo de 30 kg (ideal 20 kg).
16	Posição do centro de gravidade – a determinar.
17	Temperatura máxima de operação – a determinar.
18	Capacidade de empurrar obstáculo – discutir.
19	Alças para transporte.
20	Controle remoto com fio.
21	Controle remoto sem fio via wifi.
22	Controle autônomo.
23	Visão remota
24	Mapeamento.
25	Alimentação elétrica 24 V e/ou 12 V + 5 V
26	Duração da missão mínimo 30 minutos

#### **SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS – respeitando as características acima**

1	TRONCOS.
2	BLOCOS 20 x 20 x 40
3	GRAMA
4	LAMA
5	DEGRAU
6	ESCADA

## **Objetivos a serem alcançados**

Os principais objetivos a serem alcançados são expressos a seguir:

1. Viabilização da tecnologia, para o projeto e construção de veículos aéreos (multicóptero) e terrestres, para o sensoriamento remoto ambiental de radiações ionizantes e temperaturas associadas à posição espacial tridimensional;
2. Construção de uma plataforma de sensoriamento remoto aérea e/ou uma terrestre, com controle remoto manual ou automático, para a localização de fontes de radiação ionizante; para a determinação de campo exposição ou taxa de exposição e; campo de temperaturas;
3. Capacitação de profissionais especializados em Ciência e Tecnologia para a área nuclear e ambiental.
4. Viabilização de produto / serviço de sensoriamento remoto, para a área de segurança e monitoramento, composto de uma plataforma móvel, conectada à uma estação base de controle, rastreamento e análise de dados.

## **Metodologia a ser empregada**

Devido à amplitude do projeto, tratando de diferentes aspectos tecnológicos, serão desenvolvidas simultânea e paralelamente as seguintes etapas, limitadas pelo fato de importação de componentes:

- Visitas técnicas e acompanhamento de outros projetos (já iniciado);
- Testes com a utilização de sistemas GPS com resolução espacial da ordem de metros e verificação da estabilidade de sensores barométricos, para posicionamento vertical de VANT protótipo e final;
- Testes mecânicos de componentes estruturais;
- Estudo sobre a estabilidade de voo do VANT, em função da sua geometria;

Formada esta base, serão apresentados dois trabalhos no VIII Encontro Científico de Física Aplicada em setembro de 2017, com a publicação em Anais, com referências DOI;

- Aquisição de componentes e testes, com aqueles já adquiridos, referentes à montagem de protótipos: VANT e ROVER, utilizando as informações adquiridas na etapa anterior;

- Testes de vôo do VANT e movimentação do ROVER. Final de 2017;
- início do desenvolvimento do algoritmo de análise e apresentação de resultados, com utilização de dados gerados por simulação computacional;
- Projeto do sistema eletrônico/computacional de controle, e sua integração, de vôo autônomo (VANT);
- Avaliações e estudos para um sistema de análise de imagens – visando a mudança de paradigma de operação automática, para operação autônoma;
- Projeto e construção de VANT final;
- Teste de operacionalidade do equipamento VANT;
- Projeto do sistema eletrônico/computacional de controle, e sua integração, de deslocamento autônomo (ROVER);
- Projeto e construção de ROVER;
- Teste de operacionalidade do equipamento ROVER;
- Participação em evento de divulgação;
- Participação no XXIII CBECIMAT ou COBEM (2019) ou XIX SBSR(2018), apresentando a síntese do trabalho e publicação de artigo em revista;
- Síntese da informação técnico científica adquirida para o projeto mecânico, aerodinâmico, controle, comunicação e aplicação das plataformas de sensoriamento remoto, para o mapeamento e a localização de fontes radioativas e térmicas em ambientes externos.

## **Principais contribuições científicas ou tecnológicas da proposta**

Sendo este um projeto sem histórico na equipe executora, sugere-se que a maior estará voltada ao aspecto tecnológico, visto que a metodologia de execução tem, além da aplicação de sistemas individuais de controle adquiridos no mercado, a interação destes, entre si e com os sistemas mecânicos dos equipamentos.

Deriva do exposto que, materialmente serão construídos protótipos e equipamentos, os quais, idealmente formarão um produto e ou serviço a ser disponibilizado, para utilização em favor da sociedade, atendendo a missão do IPEN.

A documentação sobre o projeto técnico de VANTS do tipo multicóptero é quase inexistente e, se muito, restrita às informações de cunho comercial e de divulgação, daí ser esta uma oportunidade para gerar e sumarizar este naipe de conhecimentos, com uma equipe multidisciplinar.

Planeja-se que os conhecimentos teóricos e práticos da execução do projeto serão sumarizados e apresentados em dois congressos distintos, iniciando-se ainda no ano de 2017. Concretamente, já estão em andamento duas coordenações de iniciação científica, a primeira no estudo de GPS com resolução de 10 metros (finalizando em dezembro de 2017) e a segunda, na construção e controle do VANT (cuja finalização programada para 2020); uma terceira, iniciação tecnológica, tratará do projeto e construção do ROVER, (finalização programada para 2018). Um programa de mestrado está sendo iniciado, com matrícula programada para o segundo semestre de 2017.

A proximidade com professores do Instituto Federal de São Paulo, Campus de Bragança Paulista, fornecerá condições, para a troca de experiências entre as instituições, visto que este já participa de eventos e competições na área de VANTS (competições relativas à operações de VANTS quadricópteros, na fórmula internacional F450).

Tecnologicamente, a parceria com a indústria aeronáutica de pequena escala será de grande interesse, para a pesquisa e o desenvolvimento no âmbito do CCTM, pois espera-se que problemas da área de materiais aeronáuticos avançados sejam mais facilmente acessáveis pelo *expertise* do departamento.

## Orçamento detalhado

Material Nacional. Abaixo é apresentada uma lista de materiais provenientes de mercado nacional.

Descrição	Quantidade	Preço unitário
Computador tipo notebook modelo: Latitude 14 Rugged Extreme	1	R\$16.877,00
Controlador eletrônico de velocidade 35 A	8	R\$ 60,00
Controlador eletrônico de velocidade 50 A	4	R\$ 110,00
Sistema de controle remoto Turnigy 9x	1	500,00R\$
Receptor para sistema 9x	1	65,00 R\$
Sistema de controle remoto (Tx/Rx) Spektrum DX8	1	R\$ 2000,00
Receptor para sistema DX8	1	R\$ 200,00
Motores Servo alto torque Jx Digital	8	R\$ 80,00
Motores Servo alto torque Bms 621 Alta velocidade 7,2kg	4	R\$ 100,00
Servo motor baixo torque	2	R\$ 65,00
Nobreak 1,6 kVA	1	R\$ 800,00
Bateria com alta capacidade de carga - motores Zippy 8000 mAh 4s	2	R\$ 450,00
Bateria com alta capacidade de carga - motores Turnigy 5800 Mah 3s 25c	3	R\$ 300,00
Bateria com capacidade média de carga Motores Turnigy 2650 3s 25c	3	R\$ 100,00
Bateria com alta capacidade de carga - eletrônicos Turnigy Nano-tech 1400 mah	3	R\$ 100,00
Carregador de baterias - motores Turnigy Balanced Charger	1	R\$ 75,00
Sistema de telemetria (longo alcance): frsky I9r (1km sem amplificação de sinal)	2	R\$ 250,00
Câmera: Gopro Hero 4	1	R\$ 1500,00
Câmera: Gopro Hero 5	1	R\$ 2000,00
Sistema de transmissão de dados WiFi	1	
Antena de alto ganho 32 db, para sistema de Wifi	1	R\$ 500,00
Sensor barométrico: Bpm 280	1	R\$ 20,00
Sensores de posição Ultra Som	10	R\$ 6,00
Sensores de temperatura	3	50
Usinagem de metais (Ti – Mg – Al)		R\$ 2000,00
Props Variadas (10, 11, 14 e 17 polegadas)	40	R\$ 5,00
Placas de fibra de carbono - epoxi		R\$ 800,00
Tubos de fibra de carbono		R\$ 500,00

O valor total para produto adquiríveis no mercado nacional soma: R\$ 31285,00.

Materiais importados. Abaixo é apresentada uma lista de materiais provenientes de mercado externo.

Descrição	Quantidade	Preço unitário em Dólares	10%	Mercado
Sensor Geiger	1	500.00	50	Estados Unidos
Pixhawk	1	65.00	6.50	Estados Unidos
Controlador de vôo autônomo <a href="https://flyduino.net/KISS-FC-32bit-Flight-Controller-V103_1">https://flyduino.net/KISS-FC-32bit-Flight-Controller-V103_1</a>	2	60.00	12.00	Reino Unido
Computador de Bordo O-Droid C2	1	70.00	7.00	Estados Unidos
Ginball com servo motor acoplado: Solo 3-Axis Gimbal	2	59.00	5.90	Estados Unidos
Sistema de transmissão por RF de sinal de vídeo FPV (2,4 GHz) Spektrum FPV System - Ultra Micro	1	250.00		Estados Unidos
Sensor GPS: Ublox M8N	1	30.00	3.00	Estados Unidos
Sistema RTK: Reach RTK kit		570.00	57.00	Estados Unidos
Motores brushless de 750 kv LD power M2810 (3 Kg)	8	25.00	2.50	Estados Unidos

O valor total, para a aquisição de materiais importados soma US\$ 1485.00 + 10%, ou seja US\$ 1633.50.

### **Cronograma físico**

O cronograma físico da execução do projeto está fortemente ligado à liberação de recursos financeiros, devido à necessidade de obediência do calendário de compras da instituição.

A dependência da aquisição de materiais importados condicionou o ajuste do cronograma do projeto como apresentado a seguir, com início em junho de 2017. O calendário deverá ser obrigatoriamente ajustado, em função da mudança da data de início da execução do projeto.

Item / trimestre	Em andamento	1 / 1	2 / 1	3 / 1	4 / 1	1 / 2	2 / 2	3 / 2	4 / 2
		Jun-jul-ago	Set-out-nov	Dez-jan-fev	Mar-abr-mai	Jun-jul-ago	Set-out.nov	Dez-jan-fev	Mar-abril-mai
Participação em congressos e eventos	SAE Fórmula Drone – Itajubá / MG 19 a 21 de maio de 2017		VIII Encontro Científico de Física Aplicada Setembro 2017 2 pôsteres		Drone show - programação acadêmica - a confirmar		XXIII CBECIMAT datas e local a confirmar - 2 pôsteres		
estudos teóricos iniciais	estabilidade e engenharia	materiais e estruturas							
primeiro protótipo			testes de voo controlado						
Geolocalização por GPS	comunicação GPS - computador; protocolo NMEA 183; softwares								
Geolocalização RTK					depende de importação				
Análise de imagens									
Deteção de radiação					depende de importação				
Integração de sistemas									
Plataforma operacional				análise de resultados	confeção	testes de voo automático	medições	análises de dados	
Publicações			dois artigos / anais do evento				3 artigos / <i>Mat Science Forum</i>		1 artigo / revista a confirmar
Serviços									
Compras (Br)									
Importações									
Relatório final									

Cronograma físico, proposto, para a execução do projeto.

## Identificação dos demais participantes do projeto

	Participante	Origem	Titulação atual	Atuação
1	Cristiano Stefano Mucsi	IPEN	DSc.	Coordenação
2	Jesualdo Luiz Rossi	IPEN	PhD	Materiais
3	Edson Souza de Jesus Filho	ANAC	DSc.	Materiais e legislação
4	Luis Gallego Martinez	IPEN	DSc.	Materiais e radiação
5	Edilson Rosa Barbosa de Jesus	IFSP – Bragança Paulista	DSc.	Materiais e engenharia
6	Marco Colósio	GM-South America / SAE - Brasil	DSc.	Engenharia
7	Guilherme Wolf Lebrão	Instituto Mauá de Tecnologia	Dr.	Materiais e Manufatura por adição
8	André Godoy	Sector-Aircraft	Eng. Aeronáutico	Engenharia aeronáutica
9	Maicon Cavalieri de Alencar	IPEN	Bacharel	Aluno Mestrado – medições – Bolsista Fapesp
10	Denis Garcia	IPEN - UNIP	Eng. Eletrônico	Aluno mestrado - algoritmos
11	Alexandre Henrique Costa Rossi	IPEN – Escola Politécnica - USP	Bacharelado Eng. Elétrica	Aluno Iniciação Científica
12	Beatriz Camargo Souza	IPEN - FATEC	Bacharelado Tecnólogo Automação	Aluno Iniciação Científica
13	Eduardo José Nogueira	IPEN – IFSP / Bragança paulista	Bacharelado Tecnólogo Automação	Aluno Iniciação Tecnológica – Bolsista CNPq

Lista de participantes, até a data atual, no projeto proposto.

**Disponibilidade efetiva de infraestrutura e apoio técnico para o desenvolvimento do projeto, estimativa de recursos financeiros de outras fontes, se pertinente e anuência do responsável pela unidade do IPEN.**

Disponibilidade IPEN - CCTM	
Workstation (dois processadores XEON), <i>softwares</i> e acessórios	Simulações computacionais
Software LabView, para aquisição e tratamento de dados	Dr. Cristiano Mucsi Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Plataformas National Instruments RIO e Daq em conjunto com diversos módulos de aquisição e geração de dados	Dr. Cristiano Mucsi Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Espaços físicos 1 – laboratório de fusão	Dr. Cristiano Mucsi
Espaços físicos 2 – laboratório de fornos	Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Espaços físicos 3 – sala de alunos, reuniões, etc.	CCTM
Usinagem 1 – Torno média escala (200 mm), fresadora e acessórios	Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Usinagem 2 – Torno de pequena escala (100 mm), furadeiras, etc	Dr. Cristiano Mucsi
Usinagem 3 – bancada de montagem limpa, ferramentas, etc.	Dr. Cristiano Mucsi
Bancada de eletrônica	Dr. Cristiano Mucsi Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Estação de soldagem	Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Estação de solda smd	Dr. Jesualdo Luiz Rossi
Laboratório de Ensaio Mecânicos - CCTM	
<b>Disponibilidade IFSP</b>	
Laboratório de usinagem	Dr. Edilson de Jesus
Laboratório de eletrônica	Dr. Adilson Cândido
<b>Disponibilidade Sector Aircraft</b>	
Usinagem CNC – metais e fibra de carbono	Eng. André Godoy
Simulação computacional e CAD	Eng. André Godoy

Lista preliminar das principais facilidades disponíveis, integradas ao projeto proposto.

## Referências bibliográficas

1. <<http://qrindqis.com/remote-sensing/remote-sensing-applications>> acesso em 10 de abril de 2017.
2. D.K. WEHE, J.C. LEE, W.R. MARTIN. INTELLIGENT ROBOTICS AND REMOTE SYSTEMS FOR THE NUCLEAR INDUSTRY. Nuclear Engineering and Design 113 (1989) 259-267 259 North-Holland, Amsterdam 10.
3. J. L. Rossi, C.S. Mucsi and W. Hensley, personal communications, NOAA - Virginia - USA, May 2015.
4. <<http://www.instructables.com/id/My-Space-Balloon-Project-Stratohab-Success-High/>>. Acessado em 5 de março de 2017.
5. J. L. Rossi e C.S. Mucsi – comunicações pessoais - SAE Formula Drone –Itajubá, MG – maio de 2017.
6. Everaerts, J. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2008, XXXVII, 1187–1192.
7. Salamí, E; Barrado, C. and Pastor, E. UAV Flight Experiments Applied to the Remote Sensing of Vegetated Areas. *Remote Sens.* 2014, 6(11), 11051-11081.
8. Development of Autonomous Radiation Mapping Robot; 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, IRIS 2016, 17-20 December 2016, Tokyo, Japan.
9. Towler J., Krawiec, B. and Kochersberger K. Radiation Mapping in Post-Disaster Environments Using an Autonomous Helicopter. *Remote Sens.* 2012, 4(7), 1995-2015.
10. <[http://www.climatechange.org.uk/files/4014/3324/3180/Executive\\_Summary\\_-\\_Life\\_Cycle\\_Costs\\_and\\_Carbon\\_Emissions\\_of\\_Wind\\_Power.pdf](http://www.climatechange.org.uk/files/4014/3324/3180/Executive_Summary_-_Life_Cycle_Costs_and_Carbon_Emissions_of_Wind_Power.pdf)>. Acessado em 10 de maio de 2017.
11. <[http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release\\_drones\\_v2.pdf](http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drones_v2.pdf)>. Acessado em 20 de maio de 2017.
12. <<http://www.anatel.gov.br/institucional/ultimas-noticiass/1485-drones-devem-ser-homologados-para-evitar-interferencias>>. Acessado em 20 de maio de 2017.
13. <[https://emlid.com/reach/?removed\\_item=1](https://emlid.com/reach/?removed_item=1) - <https://www.pozyx.io/store> > . Acessado em 10 de maio de 2017.
14. Kevin Kochersberger et al. Post-disaster Remote Sensing and Sampling via an Autonomous Helicopter *Journal of Field Robotics* 31(4), 510–521 (2014).

## Referências sugeridas

15. Watts, A.C.; Ambrosia, V.G.; Hinkley, E.A. Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use. *Remot Sens.* 2012, *4*, 1671–1692.
16. Zhang, C.; Kovacs, J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precis. Agric.* 2012, *13*, 693–712.
17. Chao, H.; Cao, Y.; Chen, Y. Autopilots for small unmanned aerial vehicles: A survey. *Int. J. Control Autom. Syst.* 2010, *8*, 36–44.
18. Zecha, C.; Link, J.; Claupein, W. Mobile sensor platforms: Categorisation and research applications in precision farming. *J. Sens. Sens. Syst.* 2013, *2*, 51–72. [Google Scholar] [CrossRef] Austin, R. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2010.
19. D.K. Wehe, J.C. Lee, W.R. Martin, R.C. Mann, W.R. Hamueal, J. Tulenko Intelligent Robotics and Remote System for the Nuclear Industry Nuclear Engineering and Design, 113 (1989), pp. 259–267.
20. R. Andres Cortez, Herbert G. Tanner, Ron Lumia Distributed Robotic Radiation Mapping Experimental Robotics in Advanced Robotics, 54 (2009), pp. 147–156.
21. R.A. Cortez, and H.G. Tanner, “Radiation Mapping Using Multiple Robots”, 2<sup>nd</sup> ANS International Joint Topical Meeting on Emergency Preparedness & Response and Robotic & Remote Systems, March, 2008.
22. Demetriou, G.A. (2011). Mobile robotics in education and research, mobile robots: Current trends. In Gacovski, Z (Ed.), InTech. Retrieved from: <http://www.intechopen.com/books/mobile-robots-current-trends/mobile-robotics-in-education-and-research>.
23. Jerry Towler, Bryan Krawiec and Kevin Kochersberger, “Radiation Mapping in Post-Disaster Environments Using an Autonomous Helicopter”, Remote Sensing vol.4(7),2012.
24. Hsien-I Lin and Hua Jr Tzeng, “Search Strategy of a Mobile Robot for Radiation Sources in an Unknown Environment”, International Conference on Advanced Robotics and Intelligent System (ARIS), June 6-8, 2014.
25. Gurkan Tuna, Kayhan Gulez, T. Veli Mumcu and V. Cagri Gungor, “Mobile Robot Aided Self-Deploying Wireless Sensor Networks for Radiation Leak Detection”, New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2012 5th International conference on IEEE, 2012.
26. Tsoulfanidis, N. (1983). *Measurement and detection of radiation*. Hemisphere Publishing Corporation.
27. Monirul Purkait, S.C. Jena, T.K. Bhaumik, Kaushik Datta, Biswjit Sarakar, C. Datta, D. Sarkar, R. Ravinshankar, Satish, K. Mishra, Tapas Bandyopadhyay, Sanjeev Sharma, Vikrant Agashe, Prabir K. Pal, “Online Radiation Mapping of K-130 Room Temperature Cyclotron using Mobile Robot”, International Conference on Computer & Communication Technology (IC CCT), 2011.
28. Langley, R.B. The GPS error budget. *GPS World* 1997, *8*, 51–56.