

# **Primeira Prova de Projeto de Sistemas Embarcados PSI-3442**

Versão 2.0 de 19/10/2021

Marcelo Knörich Zuffo

mkzuffo@usp.br

## **1. Regras e prazos**

A prova foi aberta à consulta, tendo como base os 10 tópicos disponíveis no moodle da disciplina, bem como o livro texto, cuja versão PDF também está no Moodle.

A prova terá 10 questões INDIVIDUAIS. O Prazo de entrega é no dia 31/11 às 23:55. As provas serão entregues via PDF no sistema moodle.

As provas deverão ser identificadas com NOME, Número USP.

## **2. Tópicos Abordados**

Serão apresentadas 10 questões nos seguintes tópicos:

- 1) Introdução e aspectos gerais de sistemas embarcados e ciberfísicos
- 2) *Model Based Design*
- 3) Modelagem Discreta,
- 4) Modelagem da Dinâmica Física
- 5) Máquinas de Estado
- 6) Sensores e Atuadores
- 7) Tópicos em programação de embarcados
- 8) Decomposição Funcional
- 9) Diagrama de Blocos
- 10) Sensores e atuadores

Os materiais de apoio encontram-se no moodle da disciplina, sempre que possível os alunos devem responder as perguntas consultando o livro texto e os materiais disponibilizados no sistema e-disciplinas da USP.

### 1ª Questão. (1.0 Pontos) - Introdução e Definições

#### Item a) (0,25) Pontos

Defina o que é um **sistema embarcado**, Apresente uma referência primária, no caso pesquise e apresente artigo publicado em Journal, do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que subsidie esta definição.

#### Item b) (0,25) Pontos

Defina o que é um **sistema Ciber-físico**. Apresente uma referência primária, no caso artigo publicado em Journal, do IEEE<sup>1</sup> (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que subsidie esta definição.

#### Item c) (0,25) Pontos

Defina o que é um **sistema IoT**. Apresente uma referência primária, no caso artigo publicado em Journal, do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que subsidie esta definição.

#### Item d) (0,25) Pontos

Defina o que é **Edge Computing** (computação de borda). Apresente uma referência primária, no caso artigo publicado em Journal, do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que subsidie esta definição.

### 2ª Questão. (0,5 Ponto) - Model Based Design

Explique em poucas palavras o que é a abordagem *Model Based Design* em sistemas embarcados. Apresente uma referência primária, no caso artigo publicado em Journal, do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que subsidie esta definição.

### 3ª Questão. (1,0 Ponto) - Sistemas de Tempo Contínuo

#### Item a) (0,5) Pontos

---

<sup>1</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/>

Apresente e discuta criticamente em aproximadamente 15 linhas o modelo de sistema dinâmico utilizado para estabilizar o drone multirrotor, inclusive seus modelos analíticos. Aponte pontos fortes e pontos fracos do mesmo.

**Item a) (0,5) Pontos**

Considere ainda o modelo dinâmico utilizado para estabilizar o drone, da questão anterior, especifique precisamente onde este modelo é executado em termos de hardware e software, e de detalhes da sua implementação discreta.

**4ª Questão (1.0 Ponto) - Máquinas de Estado Discretas**

**Item a) (0,3) Pontos**

Esboce uma máquina de estados finita de tempo discreto para a seguinte situação: "Um Multirrotor c, deve levantar vôo, de sua base de carregamento, t em vôo, o multirrotor deve visitar sequencialmente três coordenadas espaciais determinadas por GPS na sequência (Xa, Ya, Za), (Xb, Yb, Zb) e (Xc, Yc, Zc), em cada uma delas o drone deve permanecer por 3 minutos, e finalmente retorna a coordenada de origem.

**item b) (0,7) Pontos**

Esboce uma máquina de estados finita de tempo discreto para a seguinte situação: "Um Multirrotor com bateria LIPO, deve levantar vôo, de sua base de carregamento, toda vez que sua bateria tiver 100% de carga, em vôo, o multirrotor deve visitar sequencialmente três coordenadas espaciais determinadas por GPS na sequência (Xa, Ya, Za), (Xb, Yb, Zb) e (Xc, Yc, Zc), em cada uma delas o drone deve permanecer por 3 minutos. Caso o multi rotor atinja 90% de bateria o mesmo deve voltar a sua base para carregamento, encerrada a visita às três coordenadas o multirrotor deve retornar à sua base de carregamento e encerrar a tarefa".

**5ª Questão (1.0 Pontos) Decomposição Funcional**

O aluno deverá projetar e realizar a decomposição funcional de um Drone utilizando a plataforma DJI-F450<sup>2</sup> conforme o apresentado na aula 2 a decomposição deve ser composta pelos seguintes níveis:

---

<sup>2</sup> 1 [http://dl.djicdn.com/downloads/flammewheel/en/F450\\_User\\_Manual\\_v2.2\\_en.pdf](http://dl.djicdn.com/downloads/flammewheel/en/F450_User_Manual_v2.2_en.pdf)

- a) (0,3 Pontos) Nível 0 - Descrição das Entradas e saídas do Drone, com indicadores de sinais (leds, buzzer), sensores externos, e Interfaces Humano Máquina (botão de ativação, rádio controle, e estação terra (ground station). O sistema Ciber-físico e duas interfaces devem também ser representado;
- b) (0,3 Pontos) Nível 1 - Descrição da arquitetura nível 1 do Drone com detalhamento dos elementos essenciais da arquitetura em grandes macroblocos, a interligação destes blocos entre si e com o mundo externo deve ser evidenciado;
- c) (0,4 Pontos) Nível 2 e nível 3 - Descrição da arquitetura Nível 2 dos blocos e Nível 3 na camada de síntese, quando for necessário a decomposição para o detalhamento destes blocos com vistas a implementação dos mesmos. na camada de síntese os componentes do detalhamento devem BATER com a lista de matéria prima.

#### **6ª Questão (1.0 Pontos)- Sensores e Atuadores**

##### **Item a) (0,5 pontos)**

Um novo tipo de sensor é muito popular em veículos autônomos, incluindo drones, no caso este modelo: RPLIDAR S1. Explique como ele funciona . Apresente como referência bibliográfica o manual do mesmo.

##### **Item b) (0,5 pontos)**

Baseado nas aulas práticas, explique como podemos interfacear em termos de hardware e software este sensor no nosso drone (use diagramas de blocos da questão 5 quando for aplicado).

#### **7ª Questão (3.0 Pontos) Exercício Programa**

##### **Instruções:**

Para a realização da questão 7 o aluno deve clonar o package p1\_psi3442 no link: [https://github.com/SkyRats/p1\\_psi3442](https://github.com/SkyRats/p1_psi3442)

Dentro das pastas src e scripts temos arquivos vazios que deverão ser preenchidos pelo aluno, a escolha da linguagem utilizada fica a critério do mesmo. O modelo de

drone usado está no arquivo `models/iris_lidar_forward/model.sdf` e deverá ser modificado para o item c).  
Lembre-se de ler o `README.md`.

### **Introdução:**

Drones multirrotores estão sendo cada vez mais utilizados no auxílio ao resgate de vítimas em catástrofes, não só no Brasil mas também em outros países do mundo. Uma forma de auxílio é o drone rapidamente entregar ferramentas e remédios às equipes de resgate localizadas em diferentes pontos geográficos, a partir de coordenadas GPS pré-estabelecidas. Como visto ao longo da disciplina, um problema fundamental de sistemas embarcados é a autonomia do drone, que depende essencialmente da energia acumulada e gasta no decorrer das atividades realizadas. Outro problema central é a utilização de sensores e a tomada de decisão de trajetórias baseadas neles. Sendo assim, esta questão aborda esses dois temas.



Drone ambulância equipado com desfibrilador.

### Observação importante:

Eventualmente esse enunciado pode não contemplar algum detalhe importante do problema. Caso isso ocorra será responsabilidade do aluno adotar uma hipótese plausível, descrevê-la com a justificativas, e resolver o problema proposto.

### **item a) (1.0 Pontos)**

O primeiro passo para para simularmos nossa missão autônoma é ter instalado corretamente o ROS, Gazebo e a PX4. Para verificar esse procedimento, grave um vídeo rodando os passos na seção “[Utilizando a simulação](#)”.

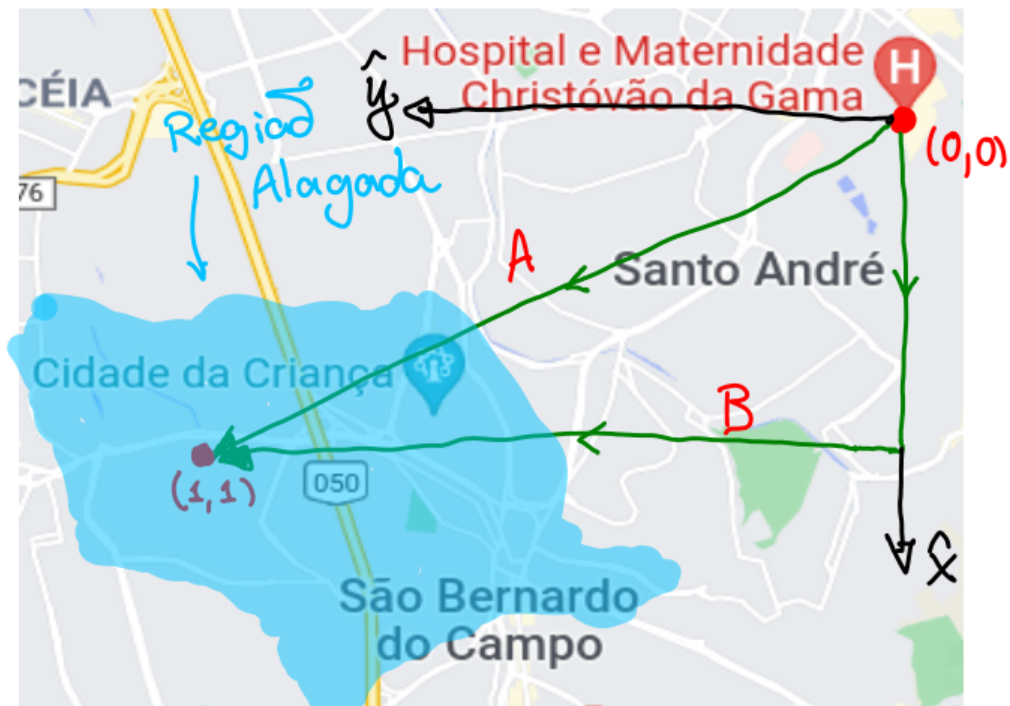
Agora que já está tudo funcionando, siga para as simulações.

**item b) (1.0 Pontos)**

Jefferson, neto da senhora Pilar, ligou para o hospital Christóvão da Gama solicitando ajuda imediata para sua avó. Após a análise clínica realizada à distância, o responsável do hospital concluiu que seria necessário enviar um desfibrilador ao local o mais rápido possível. Sendo assim, ele aciona imediatamente o drone-ambulância para levar um desfibrilador de Santo André, cujas coordenadas no plano XY são (0,0), para um bairro, alagado há três dias em São Bernardo do Campo, cujas coordenadas no plano XY são (1,1).

Considere que:

- O drone demora 1h para ter suas baterias recarregadas e que só há uma bateria para a sua operação, por tanto deseja-se minimizar o consumo de bateria.
- Existem apenas casas no caminho e o responsável pela missão decide que o drone deve voar a uma altitude de 10m.
- Por simplicidade, o responsável pela missão propõe duas trajetórias possíveis (vide mapa).
  - Trajetória A
  - Trajetória B



Trajetórias.

Considerando-se esse contexto, simule ambas as trajetórias e, a partir da simulação, calcule a energia gasta na rota A e na rota B e diga, **com base nesse cálculo**, qual é a melhor rota.

Note e adote:

$$E(t) = \int_0^T i(t) \times v(t) dt$$

$$E(k) = \sum_0^k i(k) \times v(k) \times \frac{1}{f_s}$$

Dica: Algumas variáveis dessas fórmulas encontram-se em **rostopics** (use **rostopic list** para descobrir quais são os tópicos disponíveis durante o voo do drone). Obtenha os dados do ROS e faça um programa que calcule a energia gasta em cada trajeto e em tempo real, isto é, o cálculo da energia deve ser feito instante a instante.

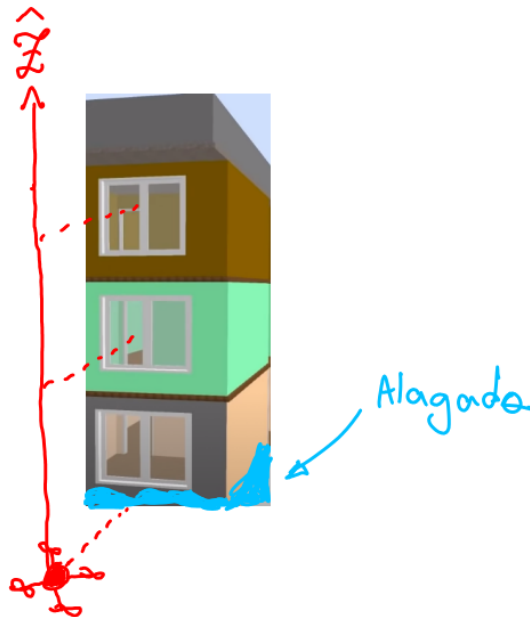
Observação: Embora o problema seja motivado por coordenadas GPS, essas coordenadas já foram processadas no formato cartesiano.

**item c) (1.0 pontos)**

Chegando no endereço, coordenada (1,1), o profissional do hospital Christóvão Gama é informado que, em razão do alagamento, o desfibrilador deve ser entregue dentro da casa que se localiza nessa coordenada. A casa possui três janelas viradas para a rua, uma em cada andar. O neto da senhora Pilar, que precisa do desfibrilador, informa que deixou a janela aberta, mas antes que ele pudesse informar qual janela está totalmente aberta a ligação cai e o celular fica sem bateria.

Sendo assim, faça um programa que encontre qual janela está aberta (considere que o drone deve procurar a janela que está mais aberta, ou seja, verifique todas as janelas, para que ele passe de modo seguro). Quando o drone encontrar a janela aberta ele deverá atravessá-la e executar o pouso.

As janelas são retangulares, mas pelo seu esquema de abertura é suficiente checar se a altura do vão de abertura da janela é suficiente para o drone passar.



Esquema do problema.

Note que no gazebo o drone começará na posição (0,0) e após a solução do **item b)** o drone estará na posição descrita nesse item: (1,1).

Dica:

Para fazer o **item c)** garanta que o drone está de frente para a parede.



Importante: Para medir a janela você deverá utilizar necessariamente um sensor LiDAR na dianteira do drone apontado para frente (sensor unidirecional). Para incluir o LiDAR modifique o arquivo `models/iris_lidar_forward/model.sdf` para colocar o modelo "lidar\_ros". Uma vez inserido, as mensagens estarão disponíveis no tópico ROS `/laser/scan`.