

# Projeto de Iniciação Científica

**Edital 04/2022**

**Título do projeto: Laboratório Virtual para Controle de Sistemas Dinâmicos utilizando Gazebo e ROS**

**Palavras-Chave:**Sistemas de controle, ROS, Gazebo, Robótica, Controladores.

## RESUMO

Sistemas de controle automático têm como objetivo modificar uma variável de um sistema de modo a controlar seu comportamento. Existem diversos tipos de controladores dependendo do comportamento desejado, e vários deles são abordados em disciplinas tradicionais nos cursos de engenharia. Com a disponibilidade de novos recursos computacionais, ambientes virtuais têm sido cada vez mais utilizados para o ensino das disciplinas na universidade, e o presente projeto se insere justamente neste contexto. Assim, o projeto tem como objetivo principal desenvolver experimentos virtuais no ambiente GAZEBO e ROS, para auxiliar no ensino da disciplina de Sistema de Controle.

## 1 INTRODUÇÃO

Sistemas de controle automático têm como objetivo modificar uma variável de um sistema de modo a controlar seu comportamento. Existem diversos tipos de controladores com diferentes comportamentos, como controladores *On-Off*, *Proporcionais*, *Derivativos*, *Integrais*, *PID* (*Proporcional*, *Integral*, *Derivativo*), entre muitos outros. Sistemas de controle automático são indispensáveis para muitas tecnologias modernas, como sistemas de veículos espaciais, sistemas robóticos, sistemas de manufatura e quaisquer sistemas onde é necessário o controle de uma variável [1].

O ensino de conceitos relacionados ao controle de sistemas está presente em diferentes cursos de graduação, sendo parte fundamental da grande maioria dos cursos de engenharia no Brasil. Na UFABC, por exemplo, há uma série de disciplinas nessa área nos cursos de engenharia, dentre as quais pode-se citar: Instrumentação

e Controle, Análise de Sistemas Dinâmicos Lineares, Modelagem e Controle, Sistemas de Controle I e II, dentre outras mais específicas.

Em diversas disciplinas nessa área é comum contar com uma parte prática, na qual diferentes experimentos são explorados para ajudar na compreensão de conceitos sobre a modelagem e controle de sistemas dinâmicos. Tais experimentos podem ser realizados tanto com plantas reais, nas bancadas do laboratório, como em ambientes de simulação, como o MATLAB® e Simulink®, em laboratórios computacionais.

Na impossibilidade de acessar os laboratórios, como foi o caso ao longo da pandemia de COVID-19, alternativas explorando ambientes virtuais podem ser bastante interessantes para o desenvolvimento de práticas à distância, ou mesmo como ferramenta auxiliar no ensino tradicional das disciplinas. De fato, a ideia de disponibilizar plataformas para ensino remoto de práticas laboratoriais não é nova, e se expandiu com a popularização do acesso à internet de banda larga a partir da década de 1990 [2].

Nesse contexto, é possível identificar duas vertentes importantes. A primeira delas considera o conceito de *laboratórios remotos*, que consiste em disponibilizar, por meio de plataformas *online*, o acesso a experimentos reais — montados em um laboratório — e a possibilidade de manipulação dos experimentos e a visualização dos resultados remotamente. A outra vertente consiste no uso de *laboratórios virtuais*, que se baseiam inteiramente em simulações e foi impulsionada nos últimos anos devido à necessidade de confinamento social imposta pela pandemia [3, 4, 5, 6, 7]. Além disso, a disponibilidade de ferramentas computacionais *open source*, que podem ser utilizadas sem custo para as instituições e alunos, tem contribuído para a adoção dessa forma de ensino.

O presente projeto baseia-se no conceito de laboratório virtual, aplicado a disciplinas na área de controle, explorando ferramentas *open source* para construção dos experimentos a serem utilizados pelos alunos como parte da estratégia pedagógica na modalidade de ensino remoto, ou mesmo como estratégia complementar no ensino presencial. Para isso, serão consideradas duas ferramentas: *Gazebo*<sup>1</sup> e *ROS (Robot Operating System)*<sup>2</sup>.

O Gazebo, na verdade, consiste em uma coleção de bibliotecas *open source*

---

<sup>1</sup><https://gazebo.org/home>

<sup>2</sup><https://www.ros.org/>

para o desenvolvimento de aplicações na área de robótica, e, para isso, conta com um simulador (em inglês, denominado *physics engine*) capaz de emular o comportamento físico de modelos 3D em condições realistas, de maneira similar ao observado em diversos jogos de computador. Além disso, o *Gazebo* é compatível com o *ROS* (*Robot Operating System*), um *framework* com o qual é possível implementar o controle de sistemas robóticos. Ambas ferramentas mencionadas também têm sido utilizadas no desenvolvimento de sistemas reais na indústria, de maneira que a capacitação com tais ferramentas pode ser um diferencial para os alunos.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho consiste em desenvolver experimentos virtuais, utilizando o ambiente *Gazebo* e o *ROS*, para apresentar conceitos fundamentais sobre sistemas dinâmicos e controle realimentado, seguindo exemplos usualmente trabalhados nas disciplinas da área de controle da UFABC.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Estudar e compreender a modelagem matemática, programação e aplicações de controladores em diversos sistemas;
- Estudar a implementação desses sistemas no ambiente *MATLAB* e *Simulink*, para servir como base de comparação;
- Estudar o software *Gazebo* para implementar, virtualmente, os experimentos;
- Estudar a utilização do *ROS* para programação de sistemas de controle;
- Modelar sistemas dinâmicos simples, vistos nas disciplinas da UFABC, dentro do ambiente de simulação do *Gazebo*, e comparar como os resultados obtidos com o *MATLAB*;
- Investigar os diferentes comportamentos de um sistema sob diferentes controladores e diferentes parâmetros.

### 3 VIABILIDADE

Grande parte do projeto está relacionada ao estudo de controladores e desenvolvimento de modelos computacionais e matemáticos, utilizando ferramentas gratuitas, que podem ser plenamente executadas em um computador pessoal.

### 4 METODOLOGIA

O projeto terá início com um estudo dirigido (revisão) sobre equações diferenciais e seu uso no modelamento de sistemas dinâmicos. Este estudo fará uso de bibliografia normalmente utilizada nos cursos de graduação da UFABC e, também, dos softwares de simulação MATLAB e Simulink, já que os resultados obtidos servirão como base de comparação com os modelos no Gazebo.

Paralelamente a este estudo, será realizado um treinamento nas duas plataformas de interesse, Gazebo e ROS, englobando: Instalação e configuração básica das plataformas; construção de modelos 3D e simulação de sistemas no Gazebo; e Integração do Gazebo com o ROS. Para isso, serão utilizados tutoriais disponíveis nos próprios sites do Gazebo<sup>3</sup> e do ROS<sup>4</sup>.

Em um segundo momento, com as plataformas já devidamente instaladas, serão feitas as implementações dos sistemas no Gazebo e no ROS, tomando como inspiração experimentos realizados nas disciplinas da área de controle da UFABC. Sistemas massa-mola, massa-mola-amortecedor etc., para os quais seja possível alterar os diferentes parâmetros dos componentes dos modelos e verificar seus comportamentos dinâmicos.

Posteriormente serão feitas as implementações dos controladores, avaliando o comportamento dos sistemas com controle realimentado e comparando com os resultados obtidos a partir das simulações do MATLAB e Simulink.

Nos momentos adequados, serão dedicados períodos para escrita dos relatórios e elaboração do pôster para participação do congresso de iniciação científica.

---

<sup>3</sup><https://gazebosim.org/home>

<sup>4</sup><https://www.ros.org/>

## 5 Cronograma

Seguindo a metodologia definida, o trabalho foi estruturado conforme as etapas a seguir:

Etapa 1: Revisão de conceitos de equações diferenciais e sistemas de controle;

Etapa 2: Simulação de modelos e controladores no MATLAB e Simulink;

Etapa 3: Estudo dirigido sobre Gazebo e ROS;

Etapa 4: Implementação dos modelos no Gazebo e avaliação do comportamento dinâmico dos sistemas;

Etapa 5: Implementação de controladores no ROS, e comparação com os resultados do MATLAB e Simulink;

Etapa 6: Construção de exemplo mais elaborado de controle, com planta virtual com maior nível de detalhes;

Etapa 7: Redação de Relatórios e Artigos

As atividades supracitadas devem seguir o seguinte cronograma:

Etapas	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etapa 1	X	X	X									
Etapa 2		X	X	X	X	X						
Etapa 3		X	X	X	X							
Etapa 4			X	X	X	X						
Etapa 5					X	X	X	X				
Etapa 6							X	X	X	X		
Etapa 7						X	X			X	X	X

## Referências

- [1] K. Ogata, *Engenharia de Controle Moderno*. Pearson, paperback ed., 2010.
- [2] C. N. Tulha, M. A. G. de Carvalho, and V. R. Coluci, “Uso de laboratórios remotos no brasil: uma revisão sistemática,” *Informática na educação: teoria & prática*, vol. 22, Oct. 2019.
- [3] N. Kapilan, P. Vidhya, and X.-Z. Gao, “Virtual laboratory: A boon to the mechanical engineering education during covid-19 pandemic,” *Higher Education for the Future*, vol. 8, pp. 31–46, Dec. 2020.
- [4] G. A. Chiodi, A. J. Soutadet, and M. A. Bosio, “Virtual laboratory and mobile devices as a support tool for the teaching-learning processes of physics in pandemic times,” *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (IJES)*, vol. 9, no. 3, p. 76, 2021.
- [5] M. Hamid, S. Rahman, I. Darmawan, M. Fatkhurrohman, and M. Nurtanto, “Performance efficiency of virtual laboratory based on unity 3d and blender during the covid-19 pandemic,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2111, p. 012054, nov 2021.
- [6] J. Roda-Segarra, “Virtual laboratories during the covid-19 pandemic: A systematic review,” in *2021 XI International Conference on Virtual Campus (JICV)*, pp. 1–4, 2021.
- [7] R. Radhamani, D. Kumar, N. Nizar, K. Achuthan, B. Nair, and S. Diwakar, “What virtual laboratory usage tells us about laboratory skill education pre- and post-COVID-19: Focus on usage, behavior, intention and adoption,” *Education and Information Technologies*, vol. 26, pp. 7477–7495, June 2021.