



PROJETO DE ENSINO:

1. Caracterização do projeto

Título:	ME78C - Robótica
Carga horária total:	140 horas (56 síncronas e 84 assíncronas)
Coordenador/Responsável pela proposta:	Prof. Dr. Luís Paulo Laus
Período de execução:	03/08/2020 a 06/11/2020
Público atendido:	Alunos do curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da disciplina Robótica (ME78C). Número de vagas: 10.
Colaboradores internos:	Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu Rodrigues e Prof. Dr. Ruy Somei Nakayma
Colaboradores externos (se houver):	Prof. Dr. Roberto Simoni (UFSC) – a ser confirmado

2. Resumo do projeto

Este projeto tem por finalidade principal o aprendizado de discentes matriculados no semestre 1/2020 na disciplina de Robótica (ME78C) do curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da UTFPR-CT através de ferramentas de ensino a distância, onde serão abordados os temas que seriam trabalhados nas aulas presenciais suspensas desde 27/03/2020 devido à pandemia de COVID-19. Ele também pode atender a discentes não matriculados em ME78C como, por exemplo, discente realizando convênio internacional.

3. Objetivos

O objetivo principal do projeto é auxiliar no entendimento dos fundamentos geométricos da Robótica e sua aplicação no projeto, construção, modelagem e controle de robôs industriais.



Como objetivos específicos, o projeto almeja proporcionar aos alunos entendimento sobre:

1. Princípios básicos de Robótica e conceitos usado em Robótica;
2. Movimento no plano e sua aplicação em robôs móveis;
3. Rotação no espaço e sua aplicação em punhos esféricos RRR;
4. Movimento no espaço e sua aplicação na cinemática direta de robôs seriais, Teorema de Chasles;
5. Transformação de coordenadas e Notação de Denavit-Hartenberg;
6. Cinemática direta de robôs seriais;
7. Cinemática inversa de robôs de seriais e uso de software como apoio à programação;
8. Velocidades exponenciais, cinemática linearizada, jacobianos, velocidades lineares e angulares, helicoides de movimento, exponenciais de helicoides;
9. Estática, helicoides de ação, sistemas de helicoides, aplicação de sensores de força, garras, jacobianos de robôs paralelos;
10. Dualidade entre helicoides de ação e movimento;
11. Configurações críticas;
12. Dinâmica; momento e energia cinética; matriz de inércia; equação de movimento para um corpo rígido; diferenciação de helicoides de movimento, ação e inércia; equação de movimento expressa no sistema de coordenadas globais e fixado ao corpo;
13. Dinâmica de robôs seriais; helicoides de ação de atuação; equações de movimento para um único segmento; os outros segmentos; gravidade; equações de movimento em termos de variáveis de junta; derivada do helicoides de movimento; matriz de massa e termos de gravidade; carga útil; algoritmo recursivo;
14. Geração de trajetória no espaço cartesiano e no espaço de juntas;
15. Controle linear e não linear de robôs seriais;
16. Método de Davies;
17. Dualidade em cadeias cinemáticas fechadas; redução da dimensão do espaço de helicoides;
1. Realização de projetos.

4. Justificativas

Este projeto é fundamentado na temática de ensino e aprendizagem e sua proposição está pautada nas demandas originadas pela pandemia da COVID-19, onde as atividades presenciais estão suspensas na UTFPR (OS N° 2/2020). Também está alinhado ao OFÍCIO CIRCULAR N° 1/2020 – GADIR-CT, com destaque parcial ao item I: “(...) constituindo um mecanismo de sistematização e operacionalização de iniciativas e experiências didático pedagógicas para promover a educação continuada dos discentes e melhorias no processo ensino aprendizagem.”.



O projeto busca uma alternativa, diante do contexto de pandemia supracitado, para que os discentes tenham menor impacto em suas vidas acadêmicas e, possivelmente, profissionais. As noções de base almejadas no projeto proposto serão de vital importância no processo de ensino-aprendizagem dos discentes envolvidos.

A depender do aproveitamento individual no projeto, adicionado a estudos complementares empreendidos de modo autônomo, os discentes poderão se sentir aptos a prestar exame de suficiência na disciplina.

5. Conteúdo programático

O conteúdo programático é adequado ao projeto, manutenção, modificação e atualização e adaptação de sistemas robóticos e afins e será desenvolvido conforme detalhado no item 7 – Cronograma.

6. Modalidade, Metodologia e Infraestrutura

A modalidade de execução do projeto de ensino será não presencial, com atividades síncronas e assíncronas. A ferramenta de disponibilização do material didático para os discentes será o moodle, a nuvem e o e-mail institucional, além de outros recursos de compartilhamento não institucionais tais como WhatsApp. Os materiais didáticos também poderão ser disponibilizados através de indicações de sites e materiais disponíveis na internet, de onde os alunos poderão acessar diretamente.

As atividades síncronas serão realizadas em datas e horários pré-agendados em cronograma, conforme detalhado no item 7. Para os encontros síncronos será utilizada a ferramenta Google Meet, de acesso institucional. A medida do possível, as sessões síncronas serão gravadas e servirão como material de apoio complementar.

A metodologia está pautada em um embasamento teórico apresentado em atividades síncronas, seguido do desenvolvimento de exercícios e atividades de fixação, de modo assíncrono e autônomo pelos discentes e acompanhado pelo docente em atendimento remoto. A atendimento será realizado usando um fórum de discussão no moodle e WhatsApp.

As atividades assíncronas envolvem produção de material, como arquivos em PDF e MuPAD *notebook*, pelos discentes serão entregues nos prazos a serem estipulados para cada atividade usando o moodle ou e-mail institucional. Estes materiais serão



usados na avaliação e posterior emissão das declarações de participação com frequência e índice de aproveitamento no referido projeto de ensino.

7. Cronograma

As inscrições deverão ser realizadas até o dia **06 de agosto de 2020** por meio de e-mail para laus@utfpr.edu.br. O projeto terá início em **06 de agosto de 2020** com término previsto para o dia **06 de novembro de 2020**. A aceitação para participação pelo discente fica condicionada à análise do histórico escolar.

Como horário das atividades síncronas fica definido a princípio, utilizar o horário das 16:40h as 18:40 nas segundas-feiras e 15:50 as 17:50 nas sextas-feiras. Aproximadamente, o horário originalmente alocado à turma S15 da disciplina ME78C. Estão previstas sessões síncronas de aproximadamente duas horas em cada dia.

A finalização e entrega do relatório final deverão ocorrer dentro do prazo.

Data	Atividades Síncronas			Atividade Assíncronas	
	Hora	CH	Conteúdo	CH	Atividade
03/08/20	16:40	2	Princípios básicos de Robótica e conceitos usado em Robótica	3	Leitura de material de apoio, exercícios de fixação tipo preencher lacunas. Introdução ao MuPAD.
07/08/20	15:50	2	Movimento no plano e sua aplicação em robôs móveis	3	Exercício de fixação de matrizes de transformação e planejamento de trajetória de robô móvel
10/08/20	16:40	2	Rotação no espaço e sua aplicação em punhos esféricos RRR	3	Exercícios de fixação de matrizes de rotação e fórmula de Rodrigues
14/08/20	15:50	2	Movimento no espaço e sua aplicação na cinemática direta de robôs seriais	3	Exercício de fixação de matrizes de transformação homogêneas no espaço e cinemática de robôs usando o método do deslocamento rígido
17/08/20	16:40	2	Teorema de Chasles	3	Exercícios de fixação do Teorema de Chasles e obtenção do ângulo e eixo de rotação de uma matriz de transformação homogênea
21/08/20	15:50	2	Transformação de coordenadas e Notação de Denavit-Hartenberg	3	Exercícios de fixação de transformação de coordenadas e descrição de movimento de corpos rígidos no espaço. Problema de



					calibração de câmeras.
24/08/20	16:40	2	Cinemática direta de robôs seriais	3	Pesquisa sobre topologias de robôs seriais usados na indústria e pose de referência para obtenção do modelo cinemático
28/08/20	15:50	2	Exemplos de cinemática direta de robôs seriais usando Notação de Denavit-Hartenberg	3	Leitura de material de apoio
31/08/20	16:40	2	Exemplos de cinemática direta de robôs seriais usando Notação de Denavit-Hartenberg Modificada	3	Exercícios de fixação de obtenção do modelo cinemático obtido usando a notação de Notação de Denavit-Hartenberg (original e modificada)
04/09/20	15:50	2	Cinemática inversa de robôs de seriais e uso de software como apoio à programação	3	Uso do MuPAD para obtenção de e validação de modelos cinemáticos. Simulação cinemática de robôs.
07/09/20	16:40	2	Velocidades exponenciais, cinemática linearizada	3	Exercícios de fixação de cinemática linearizada e velocidade exponenciais
11/09/20	15:50	2	Jacobianos, velocidades lineares e angulares, helicoides de movimento, exponenciais de helicoides	3	Exercícios de fixação de Jacobianos e helicoides de movimento
14/09/20	16:40	2	Estática, helicóide de ação, sistemas de helicoides, aplicação de sensores de força, garras, jacobianos de robôs paralelos	3	Exercícios de fixação de helicoides de ação e dualidade
18/09/20	15:50	2	Dualidade entre helicoides de ação e movimento	3	Exercícios de fixação de sistemas de helicóide e reciprocidade
21/09/20	16:40	2	Configurações críticas	3	Leitura de material de apoio sobre configurações críticas e os problemas e soluções práticos
25/09/20	15:50	2	Dinâmica; momento e energia cinética; matriz de inércia;	3	Exercícios de fixação de dinâmica envolvendo a obtenção e caracterização das matrizes de inércia
28/09/20	16:40	2	Equação de movimento para um corpo rígido; diferenciação de helicóide de movimento, ação e inércia	3	Exercícios de aplicação de movimento rígidos. Leitura de material de apoio.
02/10/20	15:50	2	Equação de movimento expressa no sistema de coordenadas globais e fixado ao corpo	3	Exercícios de aplicação da equação de movimento: bola rolando em plano com inclinação controlável



					em dois sentidos.
05/10/20	16:40	2	Dinâmica de robôs seriais; helicoides de ação de atuação; equações de movimento para um único segmento	3	Simulação simplificada da dinâmica de robôs seriais
09/10/20	15:50	2	Equações de movimento para os outros segmentos; gravidade; equações de movimento em termos de variáveis de junta; derivada do helicóide de movimento; matriz de massa e termos de gravidade; carga útil; algoritmo recursivo	3	Simulação dinâmica de robôs seriais
12/10/20	16:40	2	Geração de trajetória no espaço cartesiano e no espaço de juntas	3	Exercícios de geração de trajetória no espaço de junta e no espaço cartesiano envolvendo o jacobiano
16/10/20	15:50	2	Controle linear de robôs seriais; PD e PID em cada e o problema de sintonia	3	Projeto e simulação de controle individuas das juntas
19/10/20	16:40	2	Controle não-linear de robôs seriais, feedback linearization, algoritmo de controle	3	Simulação de algoritmo de controle
23/10/20	15:50	2	Controle em força	3	Simulação de controle em força
26/10/20	16:40	2	Introdução à teoria dos grafos; revisão de teoria de helicoides	3	Exercícios de fixação de teoria de grafos. Exercícios de fixação de teoria de helicóide, reciprocidade e sistemas de helicoides
30/10/20	15:50	2	Método de Davies aplicado ao mecanismo de Becker	3	Aplicação do Método de Davies a um mecanismo de Baker modificado
02/11/20	16:40	2	Dualidade em cadeias cinemáticas fechadas; redução da dimensão do espaço de helicoides	3	Aplicação do Método de Davies a um mecanismo em configuração singular
06/11/20	15:50	2	Sistema de visão	3	Leitura de material de apoio
Total		56		Total	84