

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Atividades de Pesquisa**  
**Formulário de Tramitação e Registro**

Situação: **Relatório Final em Aprovação**

O formulário original foi alterado.

Protocolo nº: **2012.0115**

**Relatório Final**

Situação da Atividade:	Atividade realizada
------------------------	---------------------

Título:	Síntese e análise de mecanismos e robôs
Resumo:	Um problema atual em mecanismos e robótica é a reconfigurabilidade. Os mecanismos e robôs tradicionais estão enfrentando os desafios de adaptabilidade e reconfigurabilidade para atender as demandas da indústria. O desenvolvimento da ciência e da tecnologia, a exploração espacial e do pré-sal, as exigências de produção de lotes pequenos, customizados e de curto prazo, o surgimento rápido de novos produtos e a rápida mudança de design exigem o projeto novos mecanismos e robôs para cada aplicação especial. O desafio dos especialistas em cinemática e robótica é projetar mecanismos e robôs reconfiguráveis que possam ser adaptados para realizar várias tarefas e, assim, atender as exigências da indústria moderna. Para projetar mecanismos e robôs inovadores é necessário seguir uma metodologia de projeto de mecanismos e realizar a síntese e análise cinemática. O objetivo deste projeto de pesquisa é desenvolver mecanismos e robôs inovadores, para tanto, pretende-se utilizar ferramentas matemáticas que permitam a realização da síntese e análise cinemática de forma sistemática.
Palavras chave: (máximo 5)	síntese; análise; cinemática; mecanismos; robótica
Grande Área do conhecimento:	Engenharias
Área do conhecimento:	Teoria dos Mecanismos
Nome do Grupo de Pesquisa: (CNPq - Diretório)	Robótica
Está vinculado a outro projeto de pesquisa?	
Período de realização:	02/03/2012 a 01/31/2014
A atividade receberá algum aporte financeiro?:	Não
Propriedade Intelectual (o resultado do projeto é ou poderá ser protegido por):	

**Envolvidos neste projeto de pesquisa**

<b>Coordenador</b>	
Nº do SIAPE:	3531398
Nome do Coordenador:	Roberto Simoni
CPF do Coordenador:	3339896941
Departamento:	CAMPUS DE JOINVILLE
Centro:	CAMPUS DE JOINVILLE
Regime de trabalho:	DE

Fone de contato:	47 99140083
E-mail:	roberto.emc@gmail.com
Carga horária semanal nesta atividade:	10 horas
Receberá remuneração nesta atividade de pesquisa?	Não

Você gostaria de participar do guia de fontes da UFSC?	Sim
--	-----

Outros prof. ou servidores da UFSC envolvidos?	Sim
Alunos da UFSC envolvidos?	Sim
Pessoas externas à UFSC envolvidas?	

Participantes			
Participante:	DANIEL MARTINS	CTC-DEPTO DE ENGENHARIA MECANICA	Aprovado
Participante:	HENRIQUE SIMAS	CTC-DEPTO DE ENGENHARIA MECANICA	Aprovado
Aluno:	Anelize Zomkowski Salvi	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Aluno:	LUIZ ALBERTO RDAVELLI	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	

Outras Considerações
----------------------

#### A. Produção Intelectual: Produção Bibliográfica

**1. Artigo completo em periódico especializado de circulação internacional indexado pelo ISI**  
(<http://isi0.isiknowledge.com/portal.cgi/> ).

#### **2. Artigos completos em revistas nacionais indexadas**

Submissão de artigo:  
#JBSMSE-861  
Roberto Simoni, Henrique Simas, Daniel Martins. Variable-Configuration Parallel Manipulators with Self-aligning. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2013

**3. Artigo completo em periódico especializado não indexado pelo ISI, mas que pode constar em indexadores regionais como os da Unicamp, da UNAM (México) ou outros e artigo completo em periódico especializado de circulação restrita**

**4. Trabalho completo em anais de congresso internacional.**

Salvi, Anelize Zomkowski ; Martins, Daniel ; SIMONI, R. ; DAI, J. . Grupos, simetrias e a enumeração de configurações não isomorfas para robôs metamórficos planares. In: X Congreso Argentino de Mecánica Computacional, 2012, Salta - República Argentina. X Congreso Argentino de Mecánica Computacional, 2012.

RADAVELLI, L. A. ; SIMONI, R. ; De Pieri. E. R. ; Martins, Daniel . A comparative study of the kinematics of robots manipulators by Denavit-Hartenberg and dual quaternion. In: X Congreso Argentino de Mecánica Computacional, 2012, Salta - República Argentina. X Congreso Argentino de Mecánica Computacional, 2012.

Salvi, Anelize Zomkowski ; Simoni, Roberto ; Martins, Daniel . Enumeration Problems: A Bridge Between Planar Metamorphic Robots in Engineering and Polyforms in Mathematics. In: Jian S Dai; Matteo Zoppi; Xianwen Kong. (Org.). Advances in Reconfigurable Mechanisms and Robots I. 1ed.London: Springer London, 2012, v. I, p. 25-34.

**5. Trabalho completo em anais de congresso nacional.**

**6. Resumo publicado em anais de congresso internacional.**

**7. Resumo publicado em anais de congresso nacional.**

**8. Livro publicado.**

**9. Capítulo de livro publicado.**

**10. Livros Organizados.**

**11. Dissertações de Mestrado**

**12. Teses de Doutorado**

**13. Outros**

**B. Produção Intelectual: Produção Técnica**

**Produção Técnica**

**Relatório financeiro e prestação de contas**

Despesas:	<input type="text"/>
Receitas:	<input type="text"/>
Órgãos financiadores:	<input type="text"/>
Saldo (se houver):	<input type="text"/>

Destino do saldo (se houver):

Parecer do  
Departamento:

Aprovado

Data de aprovação:

02/22/2012 - Ad-referendum

Nº do Processo:

2012.0115



**UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA**

# SÍNTESE E ANÁLISE DE MECANISMOS E ROBÔS

**Professor Roberto Simoni  
Centro de Engenharia da Mobilidade  
Campus Joinville/UFSC**

Joinville, 22 de fevereiro de 2012.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Identificação do projeto de pesquisa</b>	<b>3</b>
1.1	Título . . . . .	3
1.2	Proponente . . . . .	3
1.3	Instituição . . . . .	3
1.4	Duração do projeto . . . . .	3
1.5	Participantes do projeto . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Problema</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Revisão bibliográfica preliminar</b>	<b>4</b>
3.1	Metodologia de projeto de mecanismos . . . . .	4
3.2	Definições de mecanismos e robôs . . . . .	6
3.3	Síntese e análise cinemática . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Motivação e contribuições deste projeto</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Aplicações futuras</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Objetivos e Metas</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Metodologia</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Cronograma</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Recursos necessários para a execução do projeto</b>	<b>13</b>

# 1 Identificação do projeto de pesquisa

## 1.1 Título

Síntese e análise de mecanismos e robôs

## 1.2 Proponente

Professor Roberto Simoni, Dr. Eng.

## 1.3 Instituição

Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Joinville  
Centro de Engenharia da Mobilidade

## 1.4 Duração do projeto

O projeto terá duração de 24 meses.

## 1.5 Participantes do projeto

A robótica é uma área multidisciplinar e a equipe do projeto deve possuir esta característica. Neste contexto, a equipe de projeto será composta pelos seguintes pesquisadores:

- Coordenador: Roberto Simoni.
- Professor colaborador da área de mecanismos e robótica.
- Aluno de mestrado.
- Alunos de iniciação científica.

# 2 Problema

Um problema atual em mecanismos e robótica é a reconfigurabilidade. Os mecanismos e robôs tradicionais estão enfrentando os desafios de adaptabilidade e reconfigurabilidade para atender as demandas da indústria.

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia, a exploração espacial e do pré-sal, as exigências de produção de lotes pequenos, customizados e de curto prazo, o surgimento rápido de novos produtos e a rápida mudança de design exigem o projeto novos mecanismos e robôs para cada aplicação especial. O desafio dos especialistas em cinemática e robótica é projetar mecanismos e robôs reconfiguráveis que possam ser adaptados para realizar várias tarefas e, assim, atender as exigências da indústria moderna.

Para projetar mecanismos e robôs inovadores é necessário seguir uma metodologia de projeto de mecanismos e realizar a síntese e análise cinemática. O objetivo

deste projeto de pesquisa é desenvolver mecanismos e robôs inovadores, para tanto, pretende-se utilizar ferramentas matemáticas que permitam a realização da síntese e análise cinemática de forma sistemática.

## 3 Revisão bibliográfica preliminar

### 3.1 Metodologia de projeto de mecanismos

Projeto é o uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com máxima economia e eficiência [1]. O projeto de mecanismos e robôs é a criação de soluções inteligentes na forma de produtos ou sistemas que satisfaçam às exigências do cliente [2]. Segundo Tsai [3], o projeto de um mecanismo é um mapeamento das exigências do cliente em uma realização física.

Back *et al.* [1] propõem uma metodologia de projeto integrado de produtos que possui oito fases: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, preparação da produção, lançamento do produto e validação do produto. Tsai [3] divide o processo de projeto de mecanismos em três fases interrelacionadas:

1. *Especificação e planejamento*: Nesta fase as exigências do cliente são identificadas e transformadas em especificações técnicas, em termos de requisitos funcionais, tempo e recursos disponíveis para o desenvolvimento do projeto.
2. *Projeto conceitual*: Durante esta fase são geradas todas as alternativas possíveis que atendam aos requisitos funcionais e a alternativa com melhor potencial, *i.e.* o melhor projeto conceitual será selecionado para um projeto detalhado.
3. *Projeto do produto*: Nesta última fase do projeto de mecanismos, a análise e otimização do conceito são desenvolvidos. Também são feitas simulações computacionais e é apresentado um protótipo. A função, a forma, os materiais e os métodos de produção são considerados. Se o projeto conceitual selecionado para esta fase mostrar-se impraticável, seleciona-se um conceito alternativo na fase anterior. Finalmente, o projeto do mecanismo entra em fase de produção.

A Figura 1 mostra um diagrama de blocos da metodologia sistemática para projeto de mecanismos de Tsai [3] juntamente com algumas etapas da metodologia de projeto integrado de produtos de Back *et al.* [1]. Para a fase de projeto conceitual de mecanismos, a metodologia de Tsai [3] consiste de dois ramos distintos: o *gerador* e o *avaliador* (ver Figura 1). O gerador corresponde à síntese cinemática e o avaliador corresponde à análise cinemática.

A Figura 2 mostra a metodologia sistemática proposta por Simoni [4] para a síntese cinemática a qual corresponde a enumeração de cadeias cinemáticas, mecanismos e manipuladores paralelos.



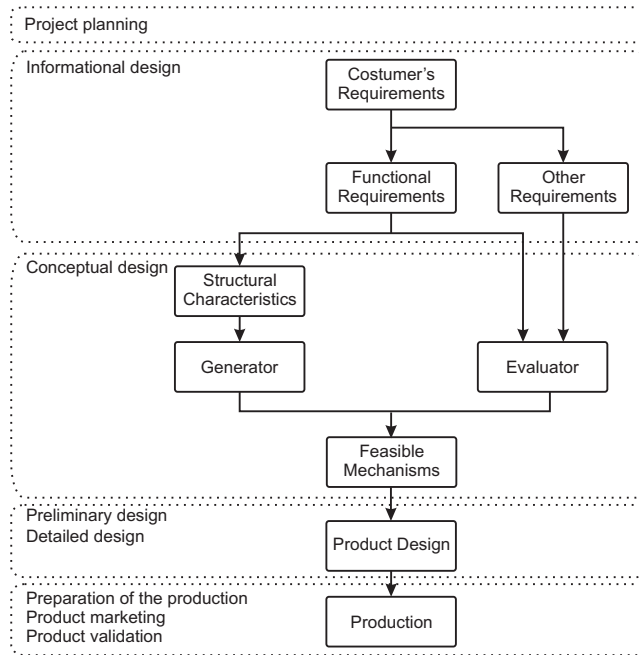


Figura 1: Etapas da metodologia sistemática para projeto de mecanismos de Tsai e Back [4].

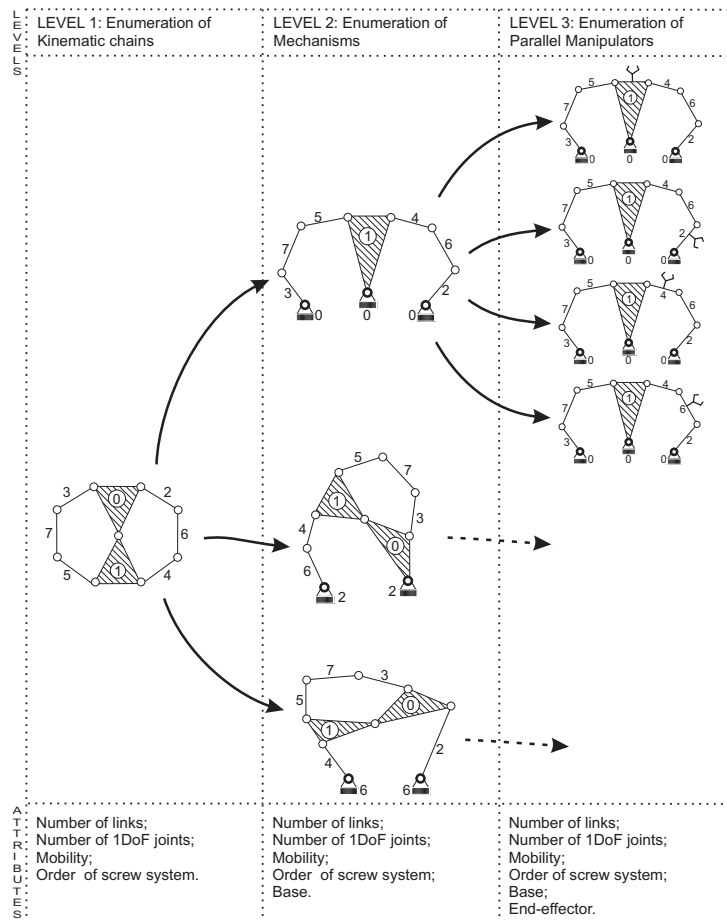


Figura 2: Metodologia sistemática de síntese [4].

### 3.2 Definições de mecanismos e robôs

Uma cadeia cinemática é formada por um conjunto de elos conectados por juntas [5, 3]. Se cada elo em uma cadeia cinemática for conectado a outro elo por somente um caminho, a cadeia cinemática é chamada de cadeia serial. Por outro lado, se cada elo de uma cadeia cinemática for conectado a outro elo por no mínimo dois caminhos, a cadeia cinemática é denominada cadeia fechada. Se uma cadeia cinemática é formada por cadeias seriais e cadeias fechadas, ela é denominada cadeia híbrida. A Figura 3 mostra os três tipos de cadeias cinemáticas.

Um mecanismo é uma cadeia cinemática com um de seus componentes (elos) fixados a uma base [5, 3]. O movimento do elo (ou elos) de entrada de um mecanismo impõe restrições de movimento aos outros elos. Assim, um mecanismo é um dispositivo que transforma movimento e/ou torque de um ou mais elos para os outros.

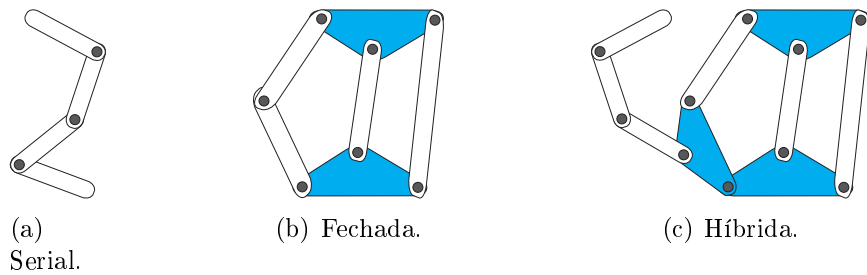


Figura 3: Tipos de cadeias cinemáticas [4].

Um sistema robótico consiste tipicamente de um manipulador mecânico, um efetador final, um controlador baseado em microprocessador e um computador. O manipulador mecânico é uma cadeia cinemática. Cadeias cinemáticas seriais originam robôs seriais e cadeias cinemáticas fechadas originam mecanismos e robôs paralelos como pode ser observado na Figura 4.

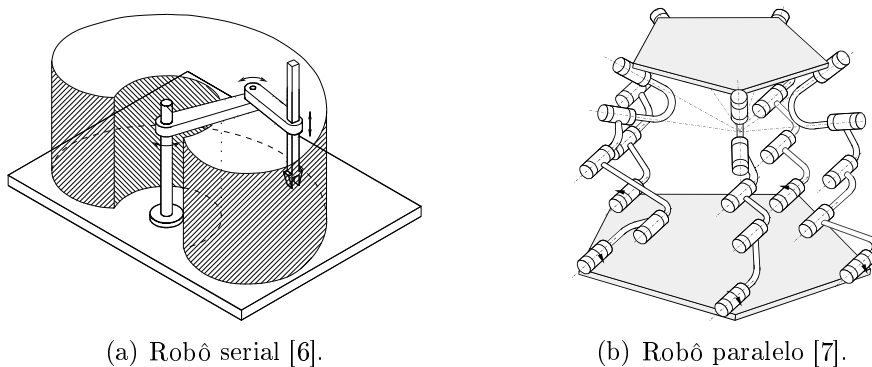


Figura 4: Robô serial e robô paralelo originados de cadeias cinemáticas seriais e fechadas, respectivamente.

Em mecanismos e robôs paralelos, algumas juntas são acionadas, *i.e.* possuem um atuador ou motor, e outras são passivas, *i.e.* o movimento é imposto pela restrição da cadeia cinemática do robô. Por exemplo, se colocarmos um motor para girar a junta A do mecanismo de quatro barras mostrado na Figura 5, o movimento das

outra juntas será imposto pela cadeia. Assim, dizemos que a junta A é acionada e as juntas B, C e D são passivas. As juntas acionadas são denominadas de juntas primárias e as juntas passivas são denominadas juntas secundárias.

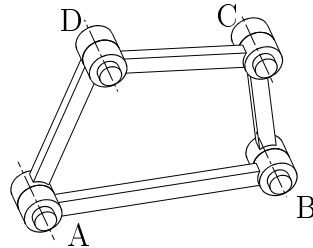


Figura 5: Mecanismo de quatro barras com acionamento na junta A.

Um sistema robótico metamórfico é uma coleção de módulos mecatrônicos que podem se auto reconfigurar dinamicamente [8]. Potenciais aplicações de sistemas robóticos metamórficos incluem evitamento de obstáculos em ambientes pouco estruturados, construção de estruturas compostas por módulos, envelopamento de objetos com aplicações na recuperação de satélites do espaço, entre outras [8, 9, 10]. Os módulos planos mais comuns são quadrados [10, 11, 12] e hexágonos [11, 13, 14, 12, 15] os quais são mostrados na Figura 6.

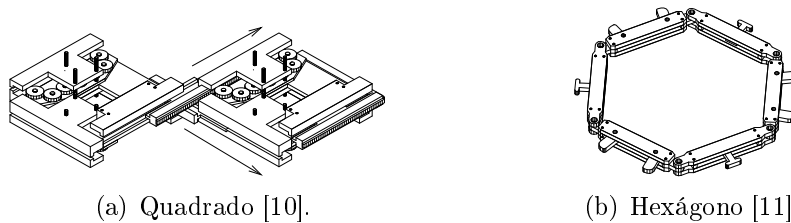


Figura 6: Módulos de robôs metamórficos planares.

### 3.3 Síntese e análise cinemática

A cinemática é o estudo do movimento relativo entre os diversos elos de um mecanismo, robô ou máquina, desprezando os efeitos da inércia e as forças que causam o movimento. A cinemática dos mecanismos e robôs é dividida em dois ramos distintos: análise cinemática e síntese cinemática [3, 16].

A análise cinemática consiste na determinação das características cinemáticas de mecanismos existentes ou em fase de dimensionamento (projeto). As características cinemáticas a serem determinadas são posição, velocidade e aceleração de pontos de interesse no mecanismo ou robô. Estas características podem ser encontradas considerando as restrições impostas pelas juntas.

A síntese cinemática é o problema inverso da análise cinemática. O desafio da síntese cinemática é desenvolver um mecanismo ou um robô que atenda às características de movimento determinadas para o efetuator final. O problema da síntese cinemática pode ser dividido em três fases distintas e relacionadas [3, 16]:

1. *Síntese do tipo*: Analisa os requisitos da tarefa e define o tipo de mecanismo. Determina o número de graus de liberdade para desenvolver a tarefa, tipo de cadeia cinemática, tipo de transmissão, etc.

2. *Síntese do número*: Determina o número de elos, número de juntas e tipo de juntas necessárias para obter a mobilidade desejada. A síntese do número envolve a enumeração de todas as possíveis cadeias cinemáticas com determinada mobilidade que atendem os requisitos da tarefa.
3. *Síntese dimensional*: A síntese dimensional determina as dimensões ou proporções dos elos da cadeia cinemática. O objetivo é encontrar o melhor dimensionamento dos elos da cadeia cinemática para obter seu melhor desempenho e assim atender aos requisitos funcionais do projeto [17].

Para projetar novas concepções de mecanismos e robôs é necessário seguir uma metodologia de projeto e realizar a síntese e a análise cinemática. Neste projeto de pesquisa pretende-se seguir a metodologia de projeto de mecanismos de Tsai [3] e a abordagem sistemática proposta por Simoni [4] para projetar novas cadeias cinemáticas de mecanismos e robôs. Pretende-se utilizar ferramentas da teoria de grafos, grupos e helicoides para desenvolver a síntese e a análise cinemática das novas concepções obtidas na síntese.

## 4 Motivação e contribuições deste projeto

As seguintes condições motivaram a apresentação deste projeto:

- As demandas atuais da indústria requerem mecanismos e robôs reconfiguráveis;
- Existe a necessidade de projetar mecanismos e robôs inovadores com características de reconfiguração;
- Pesquisadores em mecanismos e robótica estão iniciando estudos para obtenção de mecanismos com características de adaptabilidade e reconfigurabilidade esse esforço culminou com a realização do primeiro congresso mundial de mecanismos e robôs reconfiguráveis - ReMAR<sup>1</sup> - realizado pela parceria das organizações ASME<sup>2</sup>, IEEE<sup>3</sup> e IFToMM<sup>4</sup>;
- Nessa linha de pesquisa, o nosso grupo de pesquisa recebeu o prêmio de melhor publicação no REMAR com o artigo “Enumeration of planar metamorphic robots configurations” [18], o qual nos motiva a continuar pesquisando mecanismos e robôs reconfiguráveis;
- A obtenção de novos mecanismos e robôs reconfiguráveis requer a realização da síntese e análise cinemática;
- Com a utilização de ferramentas da teoria de grafos, grupos e helicoides foram obtidos resultados interessantes na síntese cinemática para diversos tipos de robôs, existe a necessidade de investigar sua efetividade para robôs reconfiguráveis;

---

<sup>1</sup>ASME/IFToMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots, 2009.

<sup>2</sup>American Society of Mechanical Engineers.

<sup>3</sup>Institute of Electric and Electronic Engineers.

<sup>4</sup>International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine.

- Com a utilização de helicoides, método de Davies [19, 20, 21] e Quatérnios Duais foram obtidos resultados interessantes na análise cinemática para diversos tipos de mecanismos e robôs, existe a necessidade de investigar sua efetividade para robôs reconfiguráveis.

As contribuições do projeto visam:

- Estudar novas metodologias para projeto de mecanismos e robôs e apresentar sistematizações;
- Estudar os métodos de síntese cinemática existentes, aperfeiçoá-los para que sejam aplicados em novos mecanismos e robôs.
- Realizar a síntese cinemática de mecanismos e robôs reconfiguráveis;
- Investigar as melhores soluções da síntese para que as novas arquiteturas possam ser adaptadas para a realização de várias tarefas;
- Estudar os métodos de análise cinemática existentes;
- Realizar a análise cinemática usando helicoides sucessivos, método de Davies e quatérnios duais das novas concepções obtidas na síntese cinemática;
- Fazer um estudo comparativo do desempenho dos métodos de análise cinemática;
- Socializar o conhecimento que será desenvolvido neste projeto com outros grupos de pesquisa da UFSC.

## 5 Aplicações futuras

Os conteúdos relacionados com robótica que serão desenvolvidos neste projeto poderão ser aplicados parcial ou integralmente em outras áreas da robótica listadas abaixo, os quais serão investigadas no futuro:

- Dinâmica direta e inversa;
- Identificação de espaço de trabalho;
- Controle de posição;
- Controle de força;
- Planejamento de trajetória;

## 6 Objetivos e Metas

O objetivo geral do projeto é realizar a síntese cinemática e a análise cinemática de mecanismos e robôs inovativos com características de reconfigurabilidade e adaptabilidade. Outro objetivo é identificar os métodos de análise cinemática mais adequados para a obtenção da cinemática dos novos mecanismos e robôs.

Considerando que a equipe que desenvolverá o projeto deve ser multidisciplinar (ver Seção 1.5), para atingir os objetivos gerais, as seguintes metas e objetivos específicos foram definidos:

1. Estudo das metodologias de projeto de mecanismos e robôs;
2. Estudo de mecanismos, robôs seriais, robôs paralelos e robôs reconfiguráveis;
3. Estudo sobre síntese cinemática;
4. Estudo sobre análise cinemática;
5. Estudo das ferramentas matemáticas que serão utilizadas na síntese e na análise cinemática;
6. Realização da síntese cinemática de mecanismos e robôs reconfiguráveis;
7. Realização da análise cinemática das novas concepções obtidas na síntese utilizando helicoides e quatérnios duais;
8. Comparação dos resultados da análise cinemática;
9. Realização de simulações computacionais das novas concepções obtidas;
10. Publicação de artigos em revistas especializadas *qualis* A ou B;
11. Apresentação de trabalhos relacionados com a síntese e a análise cinemática em congressos nacionais e internacionais.

## 7 Metodologia

A metodologia a ser seguida é a de socialização do conhecimento da equipe multidisciplinar. Para tanto, serão feitas reuniões semanais para discussão do projeto. O trabalho será dividido em etapas e após cada etapa será feito um workshop para socialização do conhecimento adquirido pela equipe com a comunidade científica.

As etapas são:

- **E1: Revisão bibliográfica preliminar:**

Esta etapa envolve um estudo sobre metodologias de projeto de mecanismos e robôs bem como uma revisão geral sobre mecanismos e robôs reconfiguráveis. Também será realizada uma revisão bibliográfica da síntese e da análise cinemática e todo o ferramental matemático necessário para atingir os objetivos deste projeto.

1. Estudo das metodologias de projeto de mecanismos e robôs;
2. Estudo de mecanismos, robôs seriais, robôs paralelos e robôs reconfiguráveis;
3. Estudo sobre síntese cinemática;
4. Estudo sobre análise cinemática;
5. Estudo das ferramentas matemáticas que serão utilizadas na síntese e na análise cinemática;
6. Workshop de socialização do conhecimento da E1.

● **E2: Síntese cinemática**

Nesta etapa será realizada, detalhadamente, a síntese cinemática de mecanismos e robôs reconfiguráveis. Uma série de exemplos serão estudados para a obtenção das mais inovadoras concepções de mecanismos e robôs reconfiguráveis. Os exemplos envolverão cadeias cinemáticas planas, espaciais com movimentos esféricos, movimentos translacionais, entre outras.

1. Realização da síntese cinemática de mecanismos e robôs reconfiguráveis;
2. Workshop de socialização do conhecimento da E2.

● **E3: Análise cinemática**

Nesta etapa será realizada, detalhadamente, a análise cinemática de mecanismos e robôs reconfiguráveis. Uma série de exemplos serão estudados utilizando helicoides e quatérnios duais e um estudo comparativo deve ser realizado para identificar potencialidades dos métodos de análise. Também serão realizadas simulações computacionais.

1. Realização da análise cinemática das novas concepções obtidas na síntese utilizando helicoides e quatérnios duais;
2. Comparação dos resultados da análise cinemática;
3. Realização de simulações computacionais das novas concepções obtidas;
4. Workshop de socialização do conhecimento da E3.

● **E4: Divulgação dos resultados e finalização do projeto**

Os resultados do projeto serão divulgados na forma de:

1. Publicação de artigos em revistas especializadas *qualis* A ou B;
2. Apresentação de trabalhos relacionados com a síntese e a análise cinemática em congressos nacionais e internacionais.
3. Workshop para apresentar todo o projeto, sua finalização e encaminhamentos para o próximo projeto.

Durante a execução deste projeto, um novo projeto de pesquisa deverá ser estruturado para continuação desta pesquisa ou em outra área listada na Seção 5.

## 8 Cronograma

O cronograma de atividades foi planejado baseando-se na metodologia (Seção 7). A Tabela 1 mostra a sequência cronológica que deverá ser seguida para o desenvolvimento do projeto.

Tabela 1: Cronograma de atividades

Etapa $n^0$	Ano 1				Ano 2			
	1 <sup>o</sup> Trim	2 <sup>o</sup> Trim	3 <sup>o</sup> Trim	4 <sup>o</sup> Trim	5 <sup>o</sup> Trim	6 <sup>o</sup> Trim	7 <sup>o</sup> Trim	8 <sup>o</sup> Trim
E1	■	■	■					
E2			■	■	■			
E3					■	■	■	
E4				■	■	■	■	■

## 9 Resultados esperados

Os principais resultados esperados no desenvolvimento deste projeto são:

- Obtenção de mecanismos e robôs inovadores com características de reconfigurabilidade e adaptabilidade;
- Identificação dos melhores métodos de síntese cinemática para mecanismos e robôs reconfiguráveis.
- Identificação dos melhores métodos de análise cinemática para mecanismos e robôs reconfiguráveis.
- Divulgação dos trabalhos do grupo de pesquisa em congressos nacionais e internacionais;
- Divulgação de novos resultados em revistas especializadas *qualis* A ou B;
- Possibilidade de aplicar as técnicas desenvolvidas neste projeto em outras áreas.



## 10 Recursos necessários para a execução do projeto

Os recursos necessários para a execução do projeto são apresentados na Tabela 2. A tabela apresenta a descrição e a disponibilidade dos recursos.

Tabela 2: Recursos necessários para a execução do projeto.

Item	Descrição	Disponibilidade
Bibliografia		
L1	Livros de robótica	Biblioteca Universitária
L2	Livros de mecanismos	Biblioteca Universitária
L2	Artigos	Biblioteca Universitária ou Internet
Equipamentos de informática		
E1	Computadores	Pessoal ou nos laboratórios da UFSC
E2	Impressora	Pessoal ou nos laboratórios da UFSC
Material de consumo		
MC1	Papel A4, toner, outros	UFSC
Serviços		
S1	Inscrição em congresso	Recursos da CAPES ou CNPQ
Passagens		
P1	Congresso internacional	Recursos da CAPES ou CNPQ
Diárias		
D1	Congresso internacional	Recursos da UFSC, CAPES ou CNPQ

## Referências

- [1] BACK, N. et al. *Projeto Integrado de Produtos - Planejamento, Concepção e Modelagem*. São Paulo: Monole Editora Ltda, 2008.
- [2] REULEAUX, F. *The Kinematics of Machinery*. Macmillan and co, London, 1876. Disponível em: <<http://www.archive.org/details/kinematicsofmach00reulrich>>.
- [3] TSAI, L. *Mechanism Design: Enumeration of Kinematic Structures According to Function*. Washington, D.C.: Mechanical Engineering series, CRC Press, 2001.
- [4] SIMONI, R. *Contribuições para a Enumeração e para a Análise de Mecanismos e Manipuladores Pralelos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, SC, 2010. Em inglês.
- [5] IONESCU, T. Terminology for mechanisms and machine science. *Mechanism and Machine Theory*, v. 38, n. 7-10, p. 597–1111, 2003.
- [6] SICILIANO, B. et al. *Robotics: Modelling, Planning and Control*. New York: Advanced Textbooks in Control and Signal Processing. Springer, 2009.
- [7] FANG, Y.; TSAI, L. Structure synthesis of a class of 4-dof and 5-dof parallel manipulators with identical limb structures. *The International Journal of Robotics Research*, v. 21, n. 9, p. 799–810, 2002.

- [8] CHIRIKJIAN, G. Kinematics of a metamorphic robotic system. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, v. 1, n. 1, p. 449–455, 1994.
- [9] CHIRIKJIAN, G.; PAMECHA, A. Bounds for self-reconfiguration of metamorphic robots. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, v. 2, n. 1, p. 1452–1457, 1996.
- [10] CHIANG, C.; CHIRIKJIAN, G. Modular robot motion planning using similarity metrics. *Autonomous Robots*, v. 10, n. 1, p. 91–106, 2001.
- [11] PAMECHA, A. et al. Design and implementation of metamorphic robots. *ASME Design Engineering Technical Conference and Computers in Engineering Conference*, v. 1, p. 1–10, 1996.
- [12] DUMITRESCU, A.; SUZUKI, I.; YAMASHITA, M. High speed formations of reconfigurable modular robotic systems. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, v. 1, p. 123–128, 2002.
- [13] ABRAMS, A.; GHRIST, R. State complexes for metamorphic robots. *The International Journal of Robotics Research*, v. 23, n. 7, p. 811–830, 2004.
- [14] WALTER, J.; WELCH, J.; AMATO, N. Distributed reconfiguration of metamorphic robot chains. *Distributed Computing*, v. 17, n. 2, p. 171–189, 2004.
- [15] WALTER, J.; WELCH, J.; AMATO, N. Concurrent metamorphosis of hexagonal robot chains into simple connected configurations. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, v. 18, n. 6, p. 945–956, 2002.
- [16] MERLET, J. *Parallel Robots*. Netherlands: Springer-Verlag, 2006.
- [17] CRISTOBAL, J. A. G. *Método de Síntesis Dimensional Óptima de Sistemas Multicuerpo con Restricciones Dinámicas. Aplicación al Diseño de Mecanismos Planos*. Tese (Tese) — Universidad de La Rioja, Logroño, Noviembre 2003.
- [18] MARTINS, D.; SIMONI, R. Enumeration of planar metamorphic robots configurations. *Proceedings of ASME/IFTOMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots (ReMAR 2009), King's College of London, London, United Kingdom, June 22-24*, p. 610–618, 2009.
- [19] DAVIES, T. H. Freedom and constraint in coupling networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, Professional Engineering Publishing, v. 220, n. 7, p. 989–1010, 2006.
- [20] DAVIES, T. H. Dual coupling networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, v. 220, n. 8, p. 1237–1247, 2006. ISSN 0954-4062. Disponível em: <<http://pep.metapress.com/content/b15208285g52q714/>>.
- [21] DAVIES, T. H. Simple examples of dual coupling networks. In: MERLET, J.-P.; DAHAN, M. (Ed.). *Proceedings Of Twelfth World Congress In Mechanism And Machine Science*. Besançon, France, 2007. Disponível em: <<http://magpie.lboro.ac.uk:8080/dspace-jspui/handle/2134/3984>>.