

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Arthur José de Sousa Rodrigues

**MULTI-AGENT GRAPH EXPLORATION WITHOUT
COMMUNICATION**

Bachelor's Thesis
2023

Computer Engineering

Arthur José de Sousa Rodrigues

**MULTI-AGENT GRAPH EXPLORATION WITHOUT
COMMUNICATION**

Advisor

Prof. Dr. Luiz Gustavo Bizarro Mirisola (ITA)

Co-advisor

Prof. Dr. Vitor Venceslau Curtis (ITA)

COMPUTER ENGINEERING

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2023

Cataloging-in Publication Data
Documentation and Information Division

de Sousa Rodrigues, Arthur José
Multi-agent graph exploration without communication / Arthur José de Sousa Rodrigues.
São José dos Campos, 2023.
25f.

Bachelor's Thesis – Course of Computer Engineering– Instituto Tecnológico de Aeronáutica,
2023. Advisor: Prof. Dr. Luiz Gustavo Bizarro Mirisola. Co-advisor: Prof. Dr. Vitor Venceslau
Curtis.

1. Cupim. 2. Dilema. 3. Construção. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Title.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

DE SOUSA RODRIGUES, Arthur José. **Multi-agent graph exploration without communication**. 2023. 25f. Bachelor's Thesis – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSION OF RIGHTS

AUTHOR'S NAME: Arthur José de Sousa Rodrigues

PUBLICATION TITLE: Multi-agent graph exploration without communication.

PUBLICATION KIND/YEAR: Bachelor's Thesis / 2023

It is granted to Instituto Tecnológico de Aeronáutica permission to reproduce copies of this work and to only loan or to sell copies for academic and scientific purposes. The author reserves other publication rights and no part of this work can be reproduced without the authorization of the author.

Arthur José de Sousa Rodrigues
Rua H8B 226
12.228-461 – São José dos Campos–SP

MULTI-AGENT GRAPH EXPLORATION WITHOUT COMMUNICATION

Bachelor's Thesis approved in its non-final version by the signatories below:

Arthur José de Sousa Rodrigues
Author

Luiz Gustavo Bizarro Mirisola (ITA)
Advisor

Vitor Venceslau Curtis (ITA)
Co-advisor

Prof. Dr. Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Máximo
Course Coordinator of Computer Engineering

São José dos Campos: May 21, 2023.

Aos amigos da Gradua  o e P  s-Gradua  o do ITA por motivarem tanto a cria  o deste template pelo F  bio Fagundes Silveira quanto por motivarem a mim e outras pessoas a atualizarem e aprimorarem este excelente trabalho.

Acknowledgments

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Dr. Donald E. Knuth, por ter desenvolvido o T_EX.

Ao Dr. Leslie Lamport, por ter criado o L^AT_EX, facilitando muito a utilização do T_EX, e assim, eu não ter que usar o Word.

Ao Prof. Dr. Meu Orientador, pela orientação e confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Dr. Nelson D'Ávila, por emprestar seu nome a essa importante via de trânsito na cidade de São José dos Campos.

Ah, já estava esquecendo... agradeço também, mais uma vez ao T_EX, por ele não possuir vírus de macro :-)

*"If I have seen farther than others,
it is because I stood on the shoulders of giants."*

— SIR ISAAC NEWTON

Resumo

Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).

Abstract

Well, the book is on the table. This work presents a control methodology for the position of the passive joints of an underactuated manipulator in a suboptimal way. The term underactuated refers to the fact that not all the joints or degrees of freedom of the system are equipped with actuators, which occurs in practice due to failures or as design result. The passive joints of manipulators like this are indirectly controlled by the motion of the active joints using the dynamic coupling characteristics. The utilization of actuation redundancy of the active joints allows the minimization of some criteria, like energy consumption, for example. Although the kinematic structure of an underactuated manipulator is identical to that of a similar fully actuated one, in general their dynamic characteristics are different due to the presence of passive joints. Thus, we present the dynamic modelling of an underactuated manipulator and the concept of coupling index. This index is used in the sequence of the optimal control of the manipulator.

List of Figures

FIGURE 1.1 – Proibido estacionar cupins. Legenda grande, com o objetivo de demonstrar a indentação na lista de figuras.	16
FIGURE 1.2 – Exemplo real de cupim frente ao seu dilema.	17
FIGURE 2.1 – Cupim cibernético.	19
FIGURE A.1 – Uma figura que está no apêndice	24

List of Tables

TABLE 2.1 – Exemplo de uma Tabela	18
---	----

List of Abbreviations and Acronyms

CTq	computed torque
DC	direct current
EAR	Equação Algébrica de Riccati
GDL	graus de liberdade
ISR	interrupção de serviço e rotina
LMI	linear matrices inequalities
MIMO	multiple input multiple output
PD	proporcional derivativo
PID	proporcional integrativo derivativo
PTP	point to point
UARMII	Underactuated Robot Manipulator II
VSC	variable structure control

List of Symbols

a	Distância
\mathbf{a}	Vetor de distâncias
\mathbf{e}_j	Vetor unitário de dimensão n e com o j -ésimo componente igual a 1
\mathbf{K}	Matriz de rigidez
m_1	Massa do cumpim
δ_{k-k_f}	Delta de Kronecker no instante k_f

Contents

1	INTRODUCTION	14
1.1	Motivation	14
1.2	Related work	15
1.3	Exemplo	15
2	MODELAGEM DINÂMICA DE CUPINS CIBERNÉTICOS	18
2.1	Modelagem no espaço das juntas	18
3	CONTROLE ROBUSTO DE CONCRETOS CAÍNTICOS	20
3.1	Controle combinado	20
4	CONCLUSÃO	21
	BIBLIOGRAPHY	22
	APPENDIX A – TÍPICOS DE DILEMA LINEAR	24
A.1	Uma Primeira Seção para o Apêndice	24
	ANNEX A – EXEMPLO DE UM PRIMEIRO ANEXO	25
A.1	Uma Seção do Primeiro Anexo	25

1 Introduction

The purpose of this graduation work aims to discuss the main maze exploration algorithms and then propose a method where multi-agents must find the maze solution without any type of communication, only working with probability distributions to guide their behaviors. The main challenge of this research is to find a distributed exploration approach with total communication restriction since an agent's partial knowledge cannot be shared with another agent and, at the same time, a single agent must avoid repeating a branch of another agent. The proposed maze structure abstraction is a traditional regular grid that can be generalized into graphs.

This report is the initial part of the bachelor's thesis, and this chapter intends to introduce the general concept of the related thesis and present the motivation (Section 1.1) and the related work (Section 1.2).

1.1 Motivation

Graph exploration has been the target of studies since Leonhard Euler proved that Seven Bridges of Königsberg (SHIELDS, 2012) has no solution. It has been researched not only in academia but also in the industry due to several practical applications, like airline scheduling, planning path on maps, search engine algorithms, social media marketing, Internet routing protocols, and robotics.

Specifically in robotics, graph exploration can be used to explore a maze with a single agent through a bunch of traditional algorithms: random mouse, wall follower, Trémaux, etc. And it can be useful to guide many real-life problems such as search in nuclear plant disasters, burning buildings, and extraterrestrial environments. In these previous examples, the multi-agent exploration is more interesting than the single-agent approach since it can speed up the exploration. Recent studies have explored multi-agent maze exploration algorithms as seen in the Multi-Agent Maze Exploration paper (KIVELEVITCH; COHEN, 2010), where authors proposed a Tarry's algorithm generalization. It is important to emphasize that maze-solving algorithms consider that the structure is unknown, and then traditional search algorithms, such as Dijkstra and A*, cannot be used to solve the

maze.

Multi-agent maze exploration approach is based on internal communication between agents where each agent knows about visited cells by another agent. It avoids a second exploration in a useless path and thus it decreases computational costs. However, there are some real situations where communication is limited or impossible, such as deep sea exploration, search in large wall structures, or search with low energy-based autonomous agents.

REMOVED?REMOVED?REMOVED? This incommunicable approach was not found in the literature despite it may have real applications and may guide search plans in real-world problems.

1.2 Related work

RELATED WORK

1.3 Exemplo

Manipuladores mecânicos (SBORNIAN, 2002) vêm sendo utilizados há várias décadas para a automação de tarefas repetitivas em ambientes industriais, ambientes estes de fácil acesso tanto em termos físicos quanto em termos de baixo risco à saúde humana. Nos últimos anos, verifica-se uma utilização cada vez maior de manipuladores em ambientes de difícil acesso ou inóspitos, como no interior de usinas nucleares, no fundo dos oceanos e no espaço. A localização dos manipuladores nesta nova gama de aplicações faz com que sua manutenção, após uma falha mecânica ou elétrica, seja custosa e demorada, portanto estes mecanismos requerem sofisticadas metodologias de controle tolerante a falhas (ITALUS, 2004).

Após a ocorrência de uma falha em um de seus atuadores, o manipulador torna-se um sistema subatuado. Um sistema também pode se tornar subatuado quando é projetado dessa maneira, ou quando o operador deliberadamente mantém um ou mais atuadores disponíveis inoperantes durante uma tarefa. Reduzindo o número de atuadores sem reduzir o número de graus de liberdade e ajustando-se o sistema de controle adequado, pode-se obter um mecanismo cujo consumo de energia é menor, mas cujas propriedades são mantidas (ARYSTIDES; MEDEIROS, 1995).

Controle do manipulador após uma falha é fundamental do ponto de vista de operação, principalmente nos casos descritos acima, em que a localização do manipulador impede sua manutenção de forma fácil. Recentemente tem havido a combinação de algoritmos de



FIGURE 1.1 – Proibido estacionar cupins. Legenda grande, com o objetivo de demonstrar a indentação na lista de figuras.

detecção e isolamento de falhas com os de controle pós-falha em um método unificado. Uma extensão desse trabalho, que vê o problema de controle tolerante a falhas através de uma perspectiva integrada, foi proposta por marcel⁴. Os autores apresentam um ambiente híbrido consistindo de três unidades básicas que garantem a compleição de tarefas na presença de qualquer número de juntas falhas (Figura 1.1). A primeira unidade é um esquema de detecção e isolamento de falhas que continuamente monitora o manipulador para detectar e identificar possíveis falhas nas juntas. A segunda unidade é responsável pela reconfiguração do controle. A terceira unidade é composta de algoritmos de controle apropriados para cada tipo de configuração do robô, baseado na informação da unidade de reconfiguração (CONFERENCE ON COFFEE IMPORTANCE, 2000).

No presente trabalho nos concentramos na unidade de algoritmo de controle, e mais especificamente no problema de controle da posição angular de uma junta falha para qualquer posição desejada de uma maneira subótima, quando dispomos de redundância de atuação para a realização dessa tarefa. O termo subótimo se deve ao fato de que não há garantias de otimalidade em vista das não-linearidades inerentes ao sistema e de outros fatores que serão abordados nos capítulos posteriores. Ao longo do texto, para simplificação, usaremos tanto o termo subótimo como ótimo para nos referirmos à metodologia utilizada.

Segundo, o critério de otimização utilizado será o acoplamento entre as juntas do manipulador e neste caso, temos um sistema redundante quando ocorre falha de uma das juntas do manipulador de três juntas, e seu posicionamento é controlado pelas duas restantes. Nossa solução para o problema é baseada na formulação de redundância local, extensivamente estudada no contexto de cinemática inversa (nakamura). A principal

contribuição deste trabalho é a extensão deste método usando as equações dinâmicas de manipuladores subatuados e a utilização do índice de acoplamento como um critério para a minimização do torque e da energia gasta pelo sistema durante o controle das juntas falhas.



FIGURE 1.2 – Exemplo real de cupim frente ao seu dilema.

2 Modelagem Dinâmica de Cupins Cibernéticos

2.1 Modelagem no espaço das juntas

Manipuladores subatuados diferem dos totalmente atuados pois são equipados com um número de atuadores que é sempre menor que o número de graus de liberdade (GDL). Portanto, nem todos os GDL podem ser controlados ativamente ao mesmo tempo (SBORNIAN, 2004). Por exemplo, com um manipulador planar de 3 juntas equipado com dois atuadores, ou seja, duas juntas ativas e uma passiva, pode-se controlar ao mesmo tempo duas das juntas a qualquer instante, mas não todas. Para controlar todas as juntas de um manipulador subatuado, deve-se usar um controle sequencial. Este princípio foi provado pela primeira vez por arai usando argumentos dinâmicos linearizados (JOEA; JOHN, 2003), e é a base para a modelagem no espaço das juntas e no espaço Cartesiano. A Tabela 2.1 apresenta os resultados (ASSENMACHER *et al.*, 1993; SILBERSCHATZ *et al.*, 1991; CAROMEL *et al.*, 1998).

Devido ao fato de que no máximo n_a coordenadas generalizadas (ângulos das juntas ou variáveis cartesianas) podem ser controladas num dado instante, o vetor de coordenadas generalizadas é dividido em duas partes, representando as coordenadas generalizadas ativas e as coordenadas generalizadas passivas (CALLAGHAN *et al.*, 1995).

Considerando um robô manipulador rígido, malha aberta, e de n -juntas em série. Seja q a representação de seu vetor de posição angular das juntas e τ a representação de seu

TABLE 2.1 – Exemplo de uma Tabela

Parâmetro	Unidade	Valor da simulação	Valor experimental
Comprimento, α	m	8, 23	8, 54
Altura, β	m	29, 1	28, 3
Velocidade, v	m/s	60, 2	67, 3

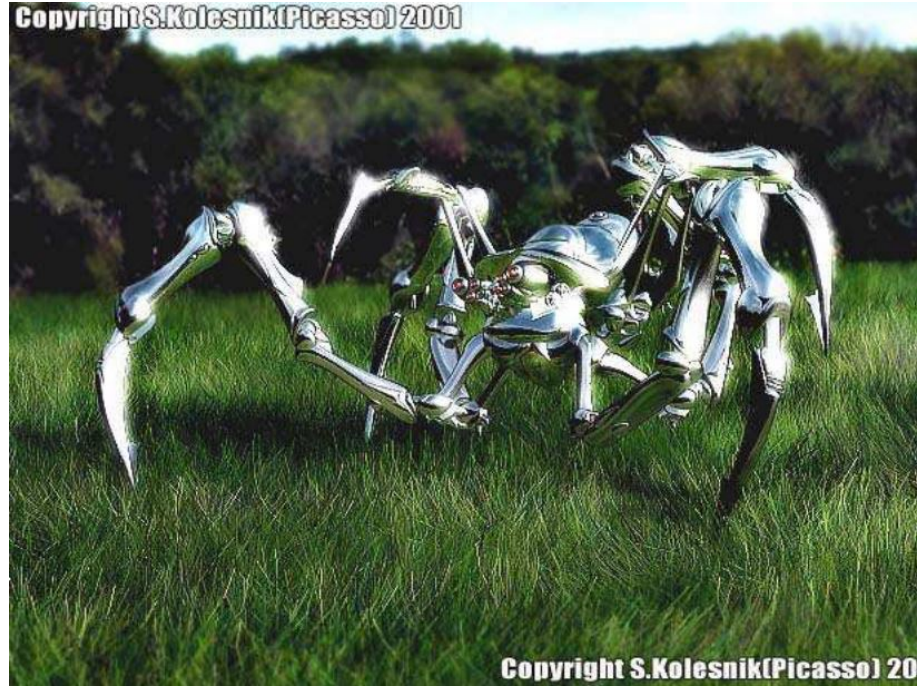


FIGURE 2.1 – Cupim cibernético.

vetor de torque. A equação dinâmica pelo método de Lagrange é dada por:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = \tau^T. \quad (2.1)$$

O Lagrangiano L é definido como a diferença entre as energias cinética e potencial do sistema:

$$L = T - P \quad (2.2)$$

A energia cinética total dos ligamentos é representada:

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T M(q) \dot{q} \quad (2.3)$$

3 Controle Robusto de Concretos Caibáticos

3.1 Controle combinado

Conforme vimos na seção 3.1 podemos controlar um sistema não linear como através da técnica do torque computado, usando um controlador PD dado por:

$$\tau' = \ddot{q}_d + K_v(\dot{q}_d - \dot{q}) + K_p(q_d - q) , \quad (3.1)$$

sendo q_d , \dot{q}_d e \ddot{q}_d a posição desejada, a velocidade desejada e a aceleração desejada; K_p e K_v são matrizes diagonais $n \times n$, sendo que cada elemento da diagonal é um ganho positivo e escalar.

Aqui M_{est} e b_{est} são modelos estimados da matriz de inércia, M , e do vetor de torques não inerciais, b , do robô real, respectivamente. A equação de malha fechada do sistema é:

$$\ddot{e} + K_v\dot{e} + K_pe = M_{est}^{-1}[(M - M_{est})\ddot{q} + (b - b_{est})] . \quad (3.2)$$

Em um manipulador real, podem existir distúrbios externos tais como atrito, variação de torque dos atuadores, e perturbações em virtude das cargas no robô. Se a soma destes distúrbios for definida como d_{ext} e adicionada à (3.2), teremos

$$\ddot{e} + K_v\dot{e} + K_pe = M_{est}^{-1}[(M - M_{est})\ddot{q} + (b - b_{est}) + d_{ext}] . \quad (3.3)$$

4 Conclusão

Neste trabalho realizou-se o projeto de uma metodologia de controle subótimo redundante da junta passiva de um manipulador com três graus de liberdade instantaneamente. Para este propósito usou-se nas formulações o vetor gradiente de uma função escalar que estima o acoplamento entre a junta passiva e as ativas desse manipulador. Aqui a redundância foi usada da melhor maneira possível sem focalizar o efeito global. Portanto, este método deve ser denominado de *controle ótimo local por redundância*. A principal vantagem dessa formulação é a computação em tempo real, que é necessária para o controle do manipulador experimental. Além disso esse método pode ser usado com diferentes tipos de controladores, uma vez que as alterações são feitas nas equações dinâmicas do manipulador.

A consequência direta observada nessa formulação é a redução dos torques na fase de controle da junta passiva, e consequente redução da energia elétrica gasta. Isso ocorre devido ao fato de que ao longo da trajetória do manipulador o índice de acoplamento de torque tende a ser maximizado, e portanto, menor é o torque necessário nos atuadores para se conseguir o posicionamento da junta passiva do manipulador.

Outros resultados indiretos obtidos são: um movimento mais uniforme e suave do manipulador e um tempo de acomodação menor tanto no posicionamento da junta passiva quanto das ativas, conforme podemos observar nos gráficos de desempenho dos resultados apresentados. Isso ocorre porque a maximização do acoplamento entre as juntas facilita o controle. Assim ocorrem menos picos de torque, e como as juntas ativas tem “menos trabalho” para posicionar a passiva estas se movem menos na direção contrária ao movimento daquelas, diminuindo assim as velocidades alcançadas e os tempos de posicionamento.

Uma extensão deste trabalho pode ser a implementação de um *controle ótimo global por redundância* da junta passiva do manipulador. Para isto pode-se fazer o planejamento *off-line* da trajetória das juntas de modo a minimizar a energia consumida. Alguns estudos foram feitos nesse sentido, usando o Princípio Mínimo de Pontryagin, mas sem resultados satisfatórios até o momento.

Bibliography

Kivelevitch, Elad & Cohen, Kelly. (2010). **Multi-Agent Maze Exploration**. Journal of Aerospace Computing Information and Communication. 7. 391-405. 10.2514/1.46304.

Muhammad Ahsan Naeem. **pyamaze**. GitHub, 2021. Available at: <<https://www.github.com/MAN1986/pyamaze>>. Accessed on: June 6, 2023.

Sadik, A. M. J., Dhali, M. A., Farid, H. M. A. B., Rashid, T. U., Syeed, A. (2010). **A Comprehensive and Comparative Study of Maze-Solving Techniques by Implementing Graph Theory**. 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence. doi:10.1109/aici.2010.18.

Shields, R. (2012). **Cultural Topology: The Seven Bridges of Konigsburg, 1736**. Theory, Culture & Society, 29(4-5), 43-57. doi:10.1177/0263276412451161.

ARYSTIDES, B.; MEDEIROS, C. S. de. Incorporação de tempo em SGBD orientado a objeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 13., 1996, Petrolina. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA, 1995. p. 90-98.

ASSENMACHER, H.; BREITBACH, T.; BUHLER, P.; HÜBSCH, V.; SCHWARZ, R. Panda: supporting distributed programming in L++. In: EUROPEAN CONFERENCE ON OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING, 7., 1993, Kaiserslautern. **Proceedings...** Berlin: Springer, 1993. p. 361-383. (Lecture Notes in Computer Science, v. 707).

CALLAGHAN, B.; PAWLOWSKI, B.; STAUBACH, P. **NFS version 3 protocol specification**: RFC 1831. London, 1995. 68 p.

CAROMEL, D.; KLAUSER, W.; VAYSSIÈRE, J. Towards seamless computing and metacomputing in Java. **Concurrency in Practice and Experience**, v. 10, n. 11-13, p. 1043-1061, set./nov. 1998. Disponível em: <<http://www-sop.inria.fr/~sloop/javall/index.ht>><http://www-sop.inria.fr/~sloop/javall/index.ht>. Acesso em: 20 fev. 2000.

CONFERENCE ON COFFEE IMPORTANCE, 1., 2000, Java Island. **Proceedings...** Java Island: Java Island Press, 2000.

FURMENTO, N.; ROUDIER, Y.; SIEGEL, G. **Parallélisme et distribution en C++**: une revue des langages existants. Valbonne, 1995. (RR 95-02). Disponível em: <<http://www-sop.inria.br/science/skd.gz>><http://www-sop.inria.br/science/skd.gz>. Acesso em: 29 fev. 2003.

ITALUS: grupo de usuários L^AT_EX do ITA. 2004. Disponível em: <<http://www.comp.ita.br/italus/>><http://www.comp.ita.br/italus/>. Acesso em: 22 jul. 2004.

JOEA, J. G.; JOHN, J. G. Importance of coffee in computer sciences. In: CONFERENCE ON COFFEE IMPORTANCE, 1., 2000, Java Island. **Proceedings...** Java Island: Java Island Press, 2003. p. 99–100.

MORGADO, M. L. C. **Reimplante dentário**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização do curso) — Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Nananana, São Paulo, 2003.

NASCIMENTO, E. A. do. **Análise de curvas curvilíneas da trajetória da bola**. 1970. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Futebol) — Cosmos University, Cidade do Cabo, 1971.

PATAGONIOS, J. **Um exemplo de TG**. 98 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) — Instituto Teórico Aeroglifo, Santa Pindamonhangaba, 2001.

SBORNIAN, W. **Um exemplo de dissertação de mestrado**. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Instituto de Alguma Coisa, Universidade Sei Lá de Onde, Santa Pindamonhangaba, 2002. Disponível em: <<http://www.santapinda.edu/~sbor/dissert.p>><http://www.santapinda.edu/~sbor/dissert.p>. Acesso em: 25 fev. 2002.

SBORNIAN, W. **Um exemplo de tese de doutorado**. 2004. 169 f. Tese (Doutorado em Aeronáutica) — Instituto de Alguma Coisa, Universidade Sei Lá de Onde, Santo Antônio da Patrulha, 2004. 1 CD-ROM.

SILBERSCHATZ, A.; PETERSON, J. L.; GALVIN, P. B. **Operating system concepts**. 3rd. ed. New York: Springer, 1991.

Appendix A - Tipos de Dilema Linear

A.1 Uma Primeira Seção para o Apêndice

A matriz de Dilema Linear M e o vetor de torques inerciais b , utilizados na simulação são calculados segundo a formulação abaixo:

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \quad (\text{A.1})$$



FIGURE A.1 – Uma figura que está no apêndice

Annex A - Exemplo de um Primeiro Anexo

A.1 Uma Seção do Primeiro Anexo

Algum texto na primeira seção do primeiro anexo.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 25 de março de 2015	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/DM-018/2015	4. Nº DE PÁGINAS 25
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Multi-agent graph exploration without communication			
6. AUTOR(ES): Arthur José de Sousa Rodrigues			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Cupim; Cimento; Estruturas			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Cupim; Dilema; Construção			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, Sítio José dos Campos. Curso de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Área de Sistemas Aeroespaciais e Mecânica. Orientador: Prof. Dr. Adalberto Santos Dupont. Coorientadora: Prof ^a . Dr ^a . Doralice Serra. Defesa em 05/03/2015. Publicada em 25/03/2015.			
11. RESUMO: <p>Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).</p>			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO			