



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO  
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

## Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio

Jefferson Rodrigues de Oliveira

Brasilia - UnB  
2017



## Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio

Jefferson Rodrigues de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UNB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Vanessa Carvalho de Andrade

Orientadora

Brasília - UnB

2017

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Jefferson Rodrigues de Oliveira**

## **Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UNB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 10/01/2017

### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade  
(Presidente IF-UNB)

---

Prof. Dr. Mickey Mouse  
(Membro interno vinculado ao programa IF-UNB)

---

Prof. Dr. Richard Stallman  
(Membro interno vinculado ao programa IF-UNB)

---

Prof. Dr. Donald Duck  
(Membro interno vinculado ao programa IF-UNB)

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Divisão de Informação e Documentação**

Oliveira, Jefferson Rodrigues de  
Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio /  
Jefferson Rodrigues de Oliveira.  
Brasília 2017.  
13f.

Dissertação de Mestrado – Curso de Física. Área de Ensino de Física – Universidade de Brasília,  
2017. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade.

1. Cupim. 2. Dilema. 3. Construção. I. Universidade de Brasília. II. Título.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

OLIVEIRA, Jefferson Rodrigues de. **Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio**. 2017. 13f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Jefferson Rodrigues de Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO: Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

---

Jefferson Rodrigues de Oliveira  
UnB - Campus Darcy Ribeiro - Asa Norte  
720910-900 – Brasília - DF - Brasil

Aos amigos da Graduação e Pós-Graduação do ITA por motivarem tanto a criação deste template pelo Fábio Fagundes Silveira quanto por motivarem a mim e outras pessoas a atualizarem e aprimorarem este excelente trabalho.

# Agradecimientos

Agradecimientos aqui.

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

— SIR ISAAC NEWTON

# Resumo

Resumo do trabalho



# Abstract

Abstract here.

# Lista de Figuras

FIGURA 1.1 – Proibido estacionar cupins. Legenda grande, com o objetivo de demonstrar a indentação na lista de figuras. . . . .	2
FIGURA 1.2 – Exemplo real de cupim frente ao seu dilema. . . . .	3
FIGURA 2.1 – Cupim cibernético. . . . .	7
FIGURA A.1 – Uma figura que está no apêndice . . . . .	12

# Lista de Tabelas

TABELA 2.1 – Exemplo de uma Tabela . . . . .	6
--	---

# Lista de Abreviaturas e Siglas

FPE Física de Partículas Elementares  
EM Ensino Médio

## Lista de Símbolos

$a$	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
$\delta_{k-k_f}$	Delta de Kronecker no instante $k_f$

# Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	1
1.1	Objetivo . . . . .	1
1.2	Motivação . . . . .	1
1.3	Organização do trabalho . . . . .	4
1.3.1	Sub-organização . . . . .	4
2	MODELAGEM DINÂMICA DE CUPINS CIBERNÉTICOS . . . . .	6
2.1	Modelagem no espaço das juntas . . . . .	6
3	CONTROLE ROBUSTO DE CONCRETOS CAÓTICOS . . . . .	8
3.1	Controle combinado . . . . .	8
4	CONCLUSÃO . . . . .	9
	REFERÊNCIAS . . . . .	10
	APÊNDICE A – TÓPICOS DE DILEMA LINEAR . . . . .	12
	A.1 Uma Primeira Seção para o Apêndice . . . . .	12
	ANEXO A – EXEMPLO DE UM PRIMEIRO ANEXO . . . . .	13
	A.1 Uma Seção do Primeiro Anexo . . . . .	13

# 1 Introdução

## 1.1 Objetivo

O objetivo deste projeto de mestrado é desenvolver técnicas de controle subótimo das juntas passivas (não atuadas) de um robô subatuado, incluindo o estudo teórico do tema, proposição de um método de controle e sua verificação experimental em um manipulador de três graus de liberdade (NASCIMENTO, 1971).

O teste (PATAGONIOS, 2001) e validação das técnicas de controle propostas foram realizados em um ambiente de simulação e no manipulador experimental, adquirido através do projeto FAPESP N° 98/00649-5, que se encontra em funcionamento no Laboratório de Sistemas Inteligentes (LASI) do Departamento de Engenharia Elétrica da USP em São Carlos. Pode-se citar (FURMENTO *et al.*, 1995):

- Isso;
- Aquilo; e
- Aquele outro.

## 1.2 Motivação

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).



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

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 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. (ALMEIDA JUNIOR; OLIVEIRA, 2011)

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. (SANTOSA; MAGALHÃES, 2009); (FREIRE; LIMA, 2012); (BARSOTTI, 2012); (MACÊDO *et al.*, 2012); (GRABOWSKI, 2006); (RAMOS, 2008); (FILHO, 2010); (SANTOS *et al.*, 2010); (MENDES, 2009).



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

## 1.3 Organização do trabalho

### 1.3.1 Sub-organização

O capítulo 1 contém a introdução do trabalho, onde são expostos o objetivo, a motivação do mesmo, a descrição do sistema e a formulação do problema com a nomenclatura utilizada; além de uma revisão bibliográfica da literatura relacionada ao tema do trabalho.

#### 1.3.1.1 SubSub-organização

No capítulo 2 apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento para medir o acoplamento dinâmico entre as juntas ativas e passivas. Este índice é utilizado para a análise e projeto de uma metodologia de controle subótimo do manipulador.

#### 1.3.1.2 Outra subsub-organizacao

O capítulo 3 apresenta o controle subótimo de manipuladores através de redundância de atuação. Descreve-se a técnica de controle ponto a ponto de manipuladores subatuados. A seguir mostramos a linearização destes por realimentação, cujo efeito é linearizar e desacoplar o sistema não linear. Finalmente é proposta uma sequência de controle subótimo local das juntas passivas visando a minimização de certos critérios como torque, velocidade e em particular a energia consumida pelo sistema. Este é de fato o tema principal deste mestrado.

É também apresentado no capítulo 4 um resumo do projeto de controladores  $H_2$  e  $H_\infty$ , cuja principal vantagem é a robustez na presença de incertezas paramétricas e distúrbios externos.

O capítulo 5 mostra as características e a operação do robô e do ambiente de simulação utilizados nos testes e experimentação da metodologia apresentada.

Os procedimentos da metodologia e os resultados obtidos para algumas configurações e diferentes controladores encontram-se no capítulo 6.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho.

Quatro apêndices fazem parte do trabalho. O apêndice A apresenta alguns tópicos de álgebra linear que são a base do método proposto. No apêndice B são mostradas as equações da matriz de inércia e do vetor de torques não-inerciais utilizados na modelagem dinâmica do manipulador. No apêndice C temos as expressões literais dessas equações feitas no software MAPLE e no apêndice D alguns programas feitos no software MATLAB

utilizados no projeto (FURMENTO *et al.*, 1995)(MORGADO, 2003).

## 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, p. 50).

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  $\tau$  a representação de seu

TABELA 2.1 – Exemplo de uma Tabela

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

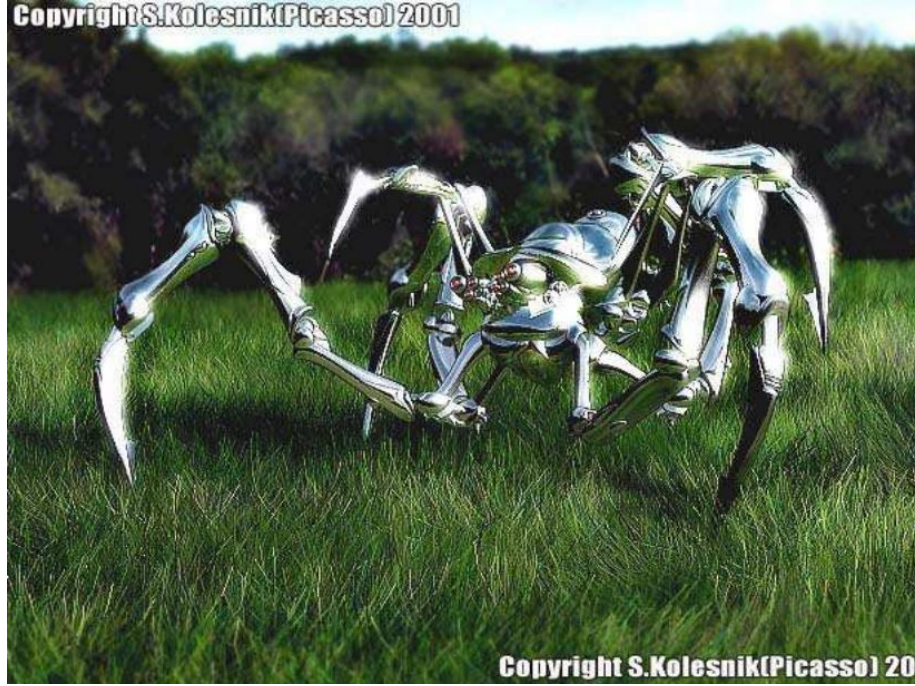


FIGURA 2.1 – Cupim cibernético.

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 Caóticos

### 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:

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

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

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

## 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.

## Referências

ALMEIDA JUNIOR, E. R. d. B. de; OLIVEIRA, E. C. d. S. de. O uso do Scratch para o ensino de Física. 2011.

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).

BARSOTTI, D. C. **USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO: MODELAGEM MATEMÁTICA A PARTIR DO SOFTWARE MODELLUS**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2012.

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>>. Acesso em: 20 fev. 2000.

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

FILHO, G. F. de S. Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso. 2010.

FREIRE, S.; LIMA, N. Ensino médio articulado ao ensino profissionalizante: Novas perspectivas. **HOLOS**, v. 2, p. 105–113, 2012.

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>>. Acesso em: 29 fev. 2003.

GRABOWSKI, G. Ensino médio integrado à educação profissional. **BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação à Distância. Ensino Médio integrado à Educação Profissional. Boletim, Brasília**, n. 7, p. 05–15, 2006.



ITALUS: grupo de usuários L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X do ITA. 2004. Disponível em: <<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.

MACÊDO, J. A. de; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 562–613, 2012.

MENDES, J. F. **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de Mecânica sob a perspectiva da aprendizagem significativa**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2009.

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.

RAMOS, M. Concepção do ensino médio integrado. **Texto apresentado em seminário promovido pela Secretaria de Educação do Estado do Pará nos dias**, v. 8, 2008.

SANTOS, G. S.; MADUREIRA, R. B.; SILVA, V. A. da. O uso de recursos tecnológicos como metodologia de ensino em física: O que dizem os professores? 2010.

SANTOSA, R. A. dos; MAGALHÃES, N. S. Desmonte tecnológico como ferramenta para o ensino de física. 2009.

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>>. 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.

# Apêndice A - Tópicos 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:

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



FIGURA A.1 – Uma figura que está no apêndice

# Anexo 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 DM	2. DATA 25 de março de 2015	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/DM-018/2015	4. Nº DE PÁGINAS 13
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Games digitais: uma abordagem de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio			
6. AUTOR(ES): Jefferson Rodrigues de Oliveira			
7. INSTITUIÇÃO(ES)/REGIÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ES): 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: ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Área de Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica. Orientador: Prof. Dr. Adalberto Santos Dupont. Coorientadora: Profª. Drª. Doralice Serra. Defesa em 05/03/2015. Publicada em 25/03/2015.			
11. RESUMO: Resumo do trabalho			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO ( ) RESERVADO ( ) SECRETO			