

Projeto de integração das disciplinas de Física, Matemática e Robótica num curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial envolvendo noções de Cinemática, Dinâmica e Modelamento de Robôs em 2D

Physics, Mathematics and Robotics Interdisciplinary Project in a Mechatronics Technological course involving studies in kinematic, dynamics and robots modelling operated at 2D

**Cezar Cavanha Babichak¹
Maria Eli Puga Beltrão², William Cezar Kruss³, Viviane Briccia do Nascimento⁴**

¹Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT), São Bernardo do Campo, SP, babichak@hotmail.com

²Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT), São Bernardo do Campo, SP, mariaelli@terra.com.br

³Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT), São Bernardo do Campo, SP, kruss@uol.com.br

⁴Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA, vbriccia@usp.br

Resumo

Desenvolvemos, ao longo de 2003 e 1º semestre de 2004, um projeto com o objetivo implantar o estudo da cinemática, da dinâmica e do modelamento de alguns tipos de robôs que operam em duas dimensões, nas disciplinas básicas de Física, de Matemática e de Robótica no curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT), em São Bernardo do Campo, SP. Para tanto, tivemos que construir modelos simples de robôs e formalizar as funções que regem os movimentos de seus mecanismos em relação ao tempo. O trabalho de integração das disciplinas necessitou, também, de muitas discussões dos professores, envolvendo tanto questões sobre o ensino em geral quanto sobre temas técnico-científicos das áreas envolvidas. Apresentamos, neste trabalho, os modelos de robôs que foram utilizados nas disciplinas citadas, os tipos de movimentos dos seus efetadores ($X(t), Y(t)$) que devem ser estudados pelos alunos, uma breve discussão sobre a forma como este projeto vem sendo implementado em sala de aula e sobre seu alcance e limitações.

Palavras-chave

Interdisciplinaridade, Programa Curricular, Cinemática, Modelamento e Robótica.

Abstract

Along 2003 and the first semester of 2004 we developed a project in subjects of basic physics, mathematics and robotics in the Mechatronics course at Termomecânica Technology College, São Bernardo do Campo, SP, Brazil. That project had as aim to start with studies in kinematic, dynamics and robots modelling operated at two dimensions. So we had to build simple models of robots and elaborate their equations of motions and the mathematic functions that rule their mechanisms in accordance with time. It was necessary many meetings and talkings in order to discuss about scientific and technological issues and general act of teaching. In this work we present some models of robots used in the project, the kinds of movements of their effectors ($X(t), Y(t)$) that must be studied by students, a brief discussing about the way this project has been implanted in classroom, its possibilities and limits.

Keywords

Interdisciplinarity, Curricular Program, Kinematics, Modelling and Robotics.

INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2003, o antigo Curso Técnico em Mecatrônica do Colégio Termomecânica (São Bernardo do Campo, SP) estava formando sua última turma de alunos (do ensino médio) para que a instituição passasse a assumir completamente seu novo curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial (ensino superior) ao mesmo tempo em que admitia a primeira turma de alunos desse curso tecnológico. Assim, enquanto os alunos egressantes estavam cursando disciplinas avançadas como “Robótica”, os ingressantes estavam frequentando as disciplinas básicas, como “Física I” e “Cálculo I”.

Para os professores das últimas disciplinas citadas, esta era uma nova experiência – a de trabalhar na formação de alunos para um curso de mecatrônica –, apesar de já terem trabalhado em diversos outros cursos superiores na área de exatas. Tínhamos como princípio que cada curso específico requer uma formação particular e, desta forma, ministrar aulas de física ou de cálculo para a turma de mecatrônica, apesar de discutir alguns assuntos básicos como cinemática do ponto material, leis de Newton, derivadas e integrais, exigia uma abordagem diferenciada de outros cursos, pois as aplicações destes assuntos básicos possuem características individualizadas que dependem da área de atuação do profissional. Questões levantadas frequentemente pelos professores eram: “Quais tipos de interações (forças) são as mais interessantes para serem abordadas na disciplina?”, “Dentro de toda a gama enorme de tipos de funções matemáticas abordados num curso de Cálculo, quais são as de maior relevância para este curso?”, “Como integrar da melhor maneira as disciplinas científicas básicas com as avançadas dentro do curso?”. Nesse sentido, algumas interações dessas disciplinas com outras dentro do curso até já existiam, como a iniciativa de introduzir a disciplina de Física com o conceito de vetores, de tal forma que houvesse uma colaboração imediata para a formação dos alunos na disciplina de “Resistência e Técnicas de Materiais” (também ministrada no primeiro semestre do curso). Mas não estávamos satisfeitos com este tipo de interação pobre das disciplinas com as restantes dentro do curso e imaginávamos que algo mais pudesse ser feito.

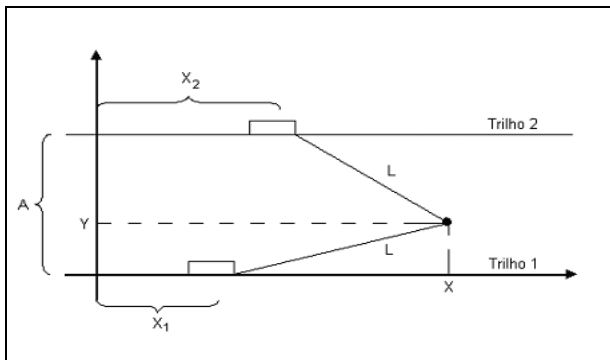
Nesta mesma época, o professor da cadeira de Robótica veio pedir auxílio dos professores das outras cadeiras citadas para que ajudassem alguns de seus alunos a desenvolver o modelamento cinemático de um robô que eles haviam estudado no curso. Após a realização desta pequena atividade conjunta, os professores envolvidos perceberam que esta experiência poderia ser tomada como referência para se reestruturar os programas curriculares das disciplinas de Física, Matemática e Robótica do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.

DESCRIÇÃO DO PROJETO

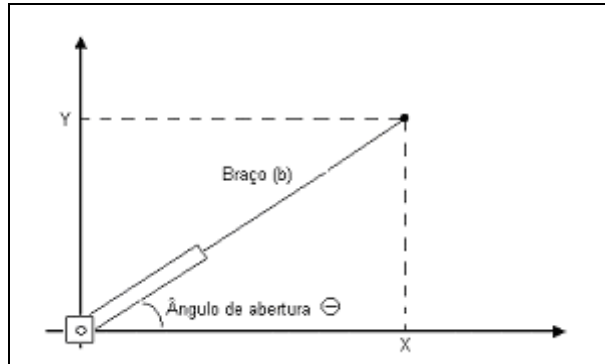
O trabalho desenvolvido com aquela primeira experiência envolvia modelamento de robôs que operam em 3 dimensões (3D). Porém, em discussões posteriores, os professores envolvidos com este trabalho de reestruturação curricular decidiram propor o estudo nas suas disciplinas de robôs que operam em duas dimensões (2D), já que estes apresentam um grau de dificuldade menor para o entendimento e já que também necessitam de alguns conhecimentos básicos válidos para todos tipos de robôs.

Os desenhos esquemáticos dos robôs estudados são os seguintes:

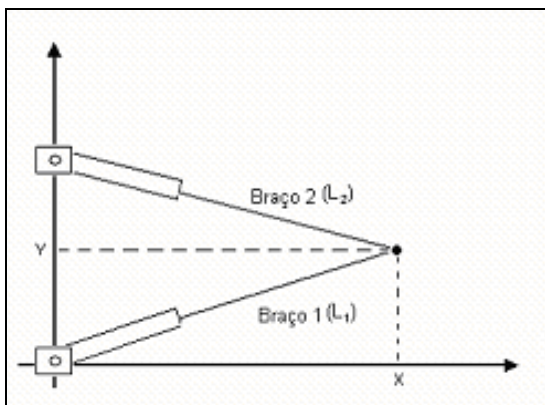
Robô 1:



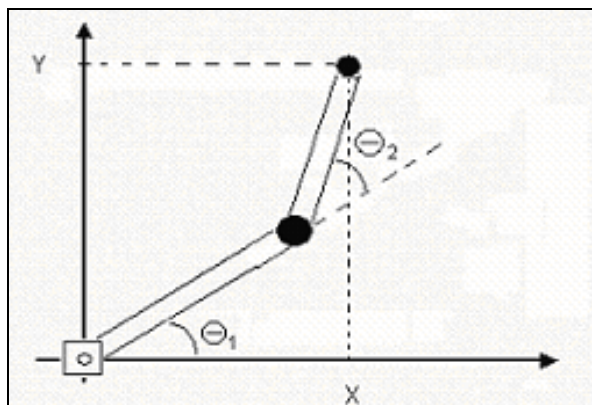
Robô 2:



Robô 3:



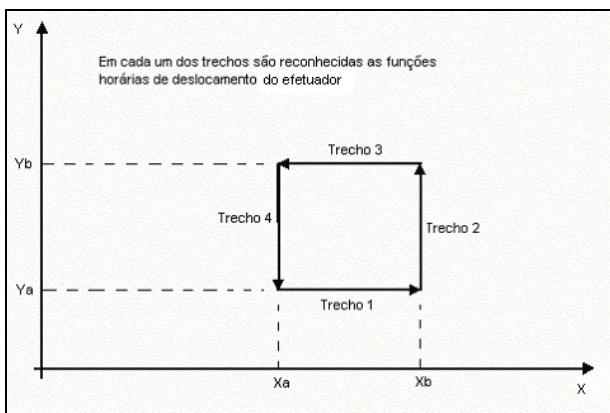
Robô 4:



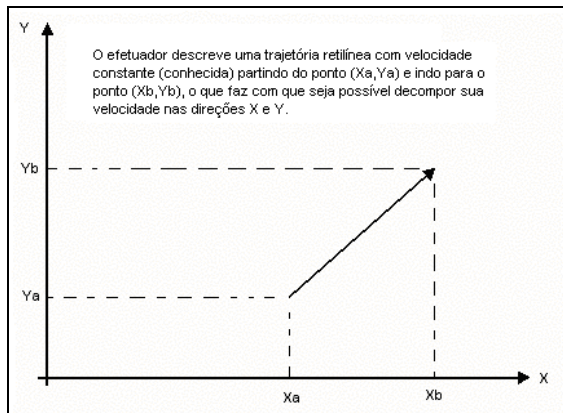
Nos robôs representados, sempre se controlam duas variáveis independentes em relação ao tempo, para que se tenha controle da posição (X, Y) do efetuador do robô. No mecanismo 1, são controladas as posições dos carrinhos (X_1 e X_2) em relação ao tempo; no robô 2, controlam-se o tamanho do braço (b) e o ângulo de abertura (θ); no robô 3, mantém-se controle dos tamanhos dos braços (L_1 e L_2); no robô 4, dominam-se os ângulos de abertura (θ_1 e θ_2).

Nas aulas de Física I, passou-se a ter a proposta de formação de grupos de alunos (4 estudantes por grupo) para modelar a cinemática de um dos robôs citados. São formados, assim, oito grupos, pois cada sala possui 32 alunos. Cada grupo de alunos deve, então, escolher um desses robôs e fazer seu modelamento de tal forma que o efetuador execute todos os seguintes movimentos:

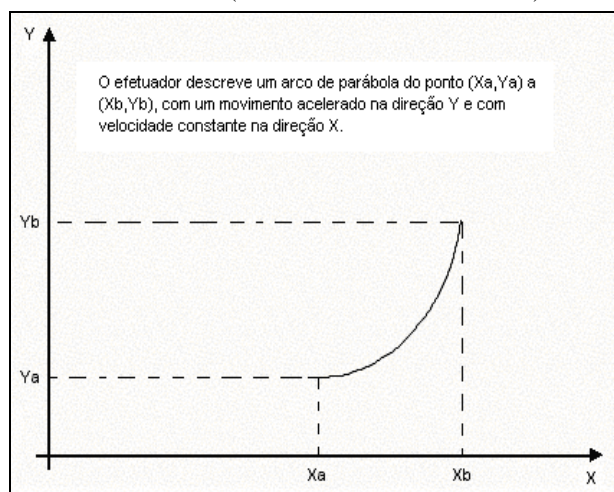
1) Quadrado com trechos em MRU



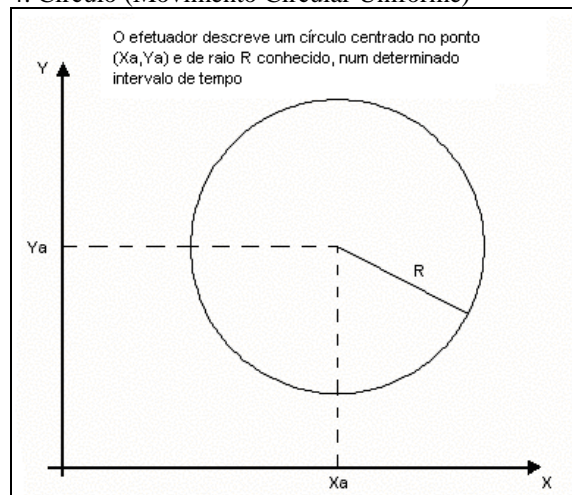
2) Linha diagonal em MRU



3. Arco de Parábola (MRUV em Y e MRU em X)



4. Círculo (Movimento Circular Uniforme)



A distribuição de tarefas aos grupos é feita de tal forma que nenhum grupo fizesse os mesmos cálculos que outro (para não haver cópias), o que é conseguido mudando-se os parâmetros (X_0 , Y_0 , ...) dos movimentos dos efetuadores para cada grupo.

Na disciplina de Física I, como já foi dito, os alunos realizam os cálculos cinemáticos de seus robôs. Após cada grupo realizar este trabalho, é reservando um momento para haver a troca de informações entre eles, de tal forma que todos os alunos acabem por conhecer os modelamentos de todos os robôs.

Na disciplina de Física II, objetiva-se que os alunos sejam capazes de modelar a dinâmica desses robôs, envolvendo tanto as descrições das forças atuantes nos seus dispositivos quanto o cálculo do trabalho a ser realizado pelos robôs quando efetuam uma certa operação.

A disciplina de Cálculo I foi reestruturada de forma a dar maior ênfase no estudo do comportamento de funções que aparecem nos cálculos cinemáticos desses robôs. Assim, estudam, com a ajuda do software MathGraph (freeware), funções como

$$L_1 = \sqrt{A + B.t + C.t^2 + D.t^4}, \quad X_2 = \frac{[A + B.\cos(K\pi)] - \sqrt{C + D.\sen(k\pi) + E.\cos^2(k\pi)}}{2} \quad e$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{A + B.\sen(k\pi)}{C + D.\cos(k\pi)} \right), \quad \text{com } A, B, C, D, E \text{ e } k \text{ sendo parâmetros definidos para cada movimento.}$$

Na disciplina de Robótica, ministrada no terceiro semestre do curso, espera-se que os alunos possam estudar alguns mecanismos de controle de robôs, já que agora possuirão todo o embasamento cinemático e dinâmico de seus dispositivos.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos até o momento são parciais, já que ainda não se puderam analisar as disciplinas de Física II e Robótica.

De qualquer forma, pode-se afirmar que houve uma melhora na interação dos alunos com os professores das disciplinas de Física I e Cálculo, além de ser perceptível também uma maior motivação dos alunos para estudar tais disciplinas.

Porém, numa análise preliminar, percebemos que alguns (poucos) alunos ainda não conseguem interpretar as funções obtidas no modelamento cinemático. Notamos dois tipos de dificuldades básicas nesses alunos: primeiramente, alguns estudantes não conseguem entender a utilidade das funções obtidas. Apesar de haver discussões entre os alunos e professores, as quais abordam exatamente os usos dessas funções na mecatrônica (elas são utilizadas na programação

de robôs e a variável “t” terá um valor assumido pelo clock do microprocessador), alguns estudantes demonstram não entender tal raciocínio. Quando pedimos a esses alunos que cheguem às funções cinemáticas dos dispositivos dos robôs, alguns tendem a dar um valor para a variável “t”, de tal forma que calculam a posição do dispositivo naquele instante. Falta aos alunos que se enquadram nessa categoria a noção mais exata do que é e onde se utiliza uma função matemática.

Como uma primeira proposta para tentar sanar tais dificuldades, imaginamos que seria interessante levar os alunos a terem um conhecimento básico em programação de computadores. Por exemplo, se os estudantes vierem a tentar programar um mecanismo regido por um motor de passos, entender o funcionamento do comando “DELAY” da linguagem TURBO PASCAL seria muito importante, pois permitiria ao aluno ter uma noção exata de como a variável “t” de uma função adquire um valor numérico para efeito de cálculo de quantos passos serão dados pelo motor num certo momento. Porém, reconhecemos que maiores estudos devam ser realizados nesse sentido.

O segundo tipo de dificuldade que encontramos diz respeito a fazer o aluno interpretar corretamente as funções obtidas. Grande parte dos alunos já vem com algumas noções de cinemática do ponto material do ensino médio e, para alguns deles, todos os movimentos possíveis de serem executados encaixam-se em apenas duas categorias: ou são uniformes (MRU) ou são uniformemente variados (MRUV). Algumas vezes expressam, por exemplo, que uma função do tipo $L_1 = \sqrt{A + B.t + C.t^2 + D.t^4}$ pode estar representando um movimento com aceleração constante. Não percebem que um MRU é descrito somente por uma função de 1º grau e que um MRUV apenas por uma função do 2º grau. E isso ocorre mesmo após estes assuntos terem sido discutidos previamente em sala de aula. É necessária, portanto, uma abordagem que leve em conta essa dificuldade de os alunos entenderem a linguagem matemática na descrição e solução dos problemas físicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do primeiro semestre de 2005, além de termos discutindo sobre a possibilidade de incluir estudos básicos em linguagens de programação nas disciplinas envolvidas com essa reestruturação curricular, estudamos também a possibilidade de inserção de modelamentos de robôs em 3D no curso. Resolvemos, contudo, optar por não abordar esses estudos de robôs em 3D nas disciplinas citadas pelo elevado grau de dificuldade que apresentam, já que seus modelamentos necessitam de uma linguagem matemática mais aprimorada do que a utilizada até o momento no projeto (especialmente no modelamento dinâmico dos robôs, onde há a necessidade de descrever, por exemplo, os tensores de inércia dos braços dos robôs).

Nesse primeiro semestre de 2005, foi feita uma breve tentativa de incluir noções básicas da linguagem de TURBO PASCAL na disciplina de Física I, com o objetivo de tentar ajudar os alunos a compreenderem os usos das funções matemáticas desenvolvidas. Porém, essa tentativa ocorreu de uma forma muito rápida e num momento que nos pareceu não muito adequado (no final do 1º semestre de 2005, quando os alunos estão bastante ocupados com seus estudos para as provas e exames finais das diversas disciplinas do curso), de tal forma que mais estudos devam ser realizados pela equipe de professores para que se consiga introduzir tal tema em nossas aulas.

Sabemos também que os modelamentos adotados devam sofrer algumas revisões a fim de que possam descrever um robô em situação real. Isso ocorre porque os motores têm uma potência finita, o que implica na impossibilidade de se aplicar acelerações infinitas a seus dispositivos. Fazer, por exemplo, com que o efetuador se movimente conforme a trajetória quadrada com trechos em MRU descrita acima necessitaria um detalhamento melhor da transição entre cada um dos trechos.

E, finalmente, lembramos que os dispositivos de controle de robôs são estudados em etapas mais avançadas no curso, na disciplina de Robótica, a qual é ministrada no 3º semestre do curso. De qualquer forma, acredita-se que se tenha dado um grande passo para que o aluno entenda todo o processo de funcionamento destes tipos de robôs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRAIG, John J. **Introduction to Robotics: mechanics and control** Reading (Massachusetts, USA): Addison Wesley Longman, 2nd Edition, 1986.

NUSSENZVEIG, H. M., **Curso de física Básica (1-Mecânica)** São Paulo (SP): Editora Edgard-Blücher LTDA, 1981.

PAZOS, Fernando **Automação de Sistemas e Robótica** Rio de Janeiro (RJ): Axcel Books do Brasil Editora, 2002.

RINALDI, Roberto **Turbo Pascal 7.0: Comandos e Funções** São Paulo: Editora Érica, 2003.

HENRIQUES, Renato V. B. Programação e Simulação de Robôs In: ROMANO, Vitor F. (Editor) **Robótica Industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos.** São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.