

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS: UM TRABALHO PARA A INTEGRAÇÃO UNIVERSIDADE/ESCOLA TÉCNICA¹

Mario Susumo Haga^{*}
Douglas Domingues Bueno^{**}
Clayton Rodrigo Marqui^{***}
Leandro Cordeiro^{****}
João Antonio da Silva^{*****}

RESUMO

No presente artigo, apresentamos resultados de pesquisa em extensão, desenvolvida com grupos de alunos de Mecânica de uma Escola Técnica Profissionalizante explorando a pedagogia de projetos. Ao técnico também é necessário dar-lhes oportunidades para obter um desenvolvimento profissional que os capacite a criar e a julgar um projeto, desde a sua idealização até a operação de um produto final. Com estes objetivos, propusemos um trabalho com abordagens teórica/experimental da mecânica de movimentos harmônicos. Este tema é precariamente apresentado em livros e em laboratórios didáticos. Assim, propusemos projetar e desenvolver um protótipo de um sistema que permita estudar as inúmeras variáveis e situações dinâmicas que o assunto pode oferecer a partir de registros de dados experimentais. Foram idealizados, dimensionados os componentes e os desenhos feitos em Auto-CAD, incluindo os detalhes técnicos para operação dos mecanismos e confecção dos componentes em oficinas. O sistema construído foi um oscilador mecânico tipo massa-mola, versátil, contando com opções para estudar, desde o MHS, algumas oscilações sob ação de uma força alternada externa, até investigar oscilações com amortecimentos crítico, sub-crítico e supercrítico, tópicos fundamentais em diversas aplicações tecnológicas. Os dados constituídos permitem correlacionar diferentes variáveis e seus respectivos significados científico-tecnológicos, contextualizando os parâmetros físicos envolvidos e associando-os aos modelos matemáticos consensuais, alcançando a essência da proposta e que representaram o grande desafio de aprender ciências a partir do desenvolvimento de projetos tecnológicos com conceitos da física e de engenharia.

Palavras-chave: modelos, aprendizagem, projetos, ciências, tecnologia.

¹ Auxílio Financeiro: FUNDUNESP

^{*} Depto. de Física e Química – Endereço para correspondência: Mario Susumo Haga, Av. Brasil, 56 – Centro, CEP: 15385-000, Ilha Solteira – SP, Fax (18) 3742-4868, e-mail: haga@fqm.feis.unesp.br

^{**} Bolsista PROGRAD

^{***} Engenharia Mecânica – FEIS – UNESP - Campus de Ilha Solteira

^{****} Bolsista PAE - PROEX

^{*****} Escola Técnica Estadual de Ilha Solteira – Centro Paula Souza

Recebido: 03.10.2003

Aceito para Publicação: 04.02.2004

PROJECTS DEVELOPMENTS: WORKING FOR THE TECHNICAL SCHOOL AND UNIVERSITY INTEGRATION

ABSTRACT

In this article we present a research work developed with the groups of the mechanics students of the High School to explore the projects pedagogical practices. For the technical students too It is necessary to give opportunities for qualifies them to create, to judge and to development any project, since your original idea, until the operation of the products. Thus, we worked the mechanics of the harmonic motions under the softened and forced oscillations conditions, and several technological applications. These problems are precariously explored in the didactic books and laboratories. Like this, we proposed to project and to make a prototype of an oscillator that allows to explorer all the relationship of the variables and the dynamic situations which the subject to can provide for understanding the sciences of the mechanical oscillations. The work was realized by including since its conception on the general plan, and the dimensional shipping of the parts, and drawings in Auto-CAD software, until the operation of the mechanisms. The work still included the making of the mechanical components. The oscillator constructed is a mass-spring system, with backup for the operation. It allows to study, since the simple harmonic motion until the effects of the external forces to the under-critical, the critical and the super-critical attenuation. The results allows to correlate the different variables and respective scientific-technological meanings, associating the physical parameters with the consensual mathematical models. The essence of this proposal was to present the challenge for learning sciences from the technological projects developments.

Keywords: models, learning, projects, science, technology.

1. INTRODUÇÃO

Se considerarmos que a luz, visível ou invisível ao olho humano, é um fenômeno ondulatório, teremos com igual importância os similares mecânicos que completam uma imensa gama de possibilidades fenomenológicas que, pelas suas importâncias específicas ou gerais, justificam um tratamento teórico-experimental enquanto matérias disciplinares ou interdisciplinares, como tradicionalmente não têm sido consideradas em aulas teóricas e menos ainda em aulas experimentais.

É comum a ausência de uma certa sofisticação instrumental e de processos, principalmente relativos aos de registros de dados, e também nota-se um certo “desprezo” à precisão dos resultados experimentais, fatores estes que têm acarretado um desencanto por parte de estudantes para com a atividade proposta, principalmente se a mesma vier em forma de “receituário”, conhecido como roteiro experimental, sem abertura para ações mais investigativas e interativas na aprendizagem de ciências.

Outro aspecto no ensino de ciências que chama muita atenção é a simplificação de modelos, como se sistemas complexos pudessem ser entendidos a partir de um modelo científico/tecnológico simplificado: “teremos mais sucesso treinando estudantes a pensar cientificamente se eles forem ensinados, explicitamente, a como se engajar nas práticas de modelagem daqueles considerados experts em física” (NERSESIAN, 1995).

Quando referimos à educação em ciências e em tecnologia, e os seus respectivos problemas de aprendizagem dos alunos em escolas, é relevante considerarmos as relações da educação científica e as suas aplicações tecnológicas com a qualidade de vida, destacadas por Pacca e Villani (1997). Igualmente, os desafios e os “feedbacks” apropriados, nos processos de uma aprendizagem sustentada, podem levar os alunos à autonomia no seu próprio processo de aprendizagem, podendo refletir até em seus relacionamentos interpessoais (DECI; RYAN, 1994) de forma geral. Assim, precisamos entender que é necessário propor mudanças, porém, mudanças que sejam orientadas pelos referenciais teóricos pedagógicos.

Se, de um lado temos de reconhecer que existem muitas estratégias pedagógicas sendo propostas e estudadas visando a qualidade de ensino em todos os níveis da educação formal, por outro lado, ainda persistem muitas perguntas a serem respondidas, quando se trata de propostas de mudanças que efetivamente podem ser implementadas em atividades curriculares para os diferentes níveis de formação.

O presente artigo refere-se a um trabalho de pesquisa desenvolvido por um grupo de alunos de graduação em Engenharia Mecânica com alunos de uma escola técnica profissionalizante, com o objetivo de pesquisar práticas de desenvolvimento de projetos que poderão vir a substituir as disciplinas curriculares tradicionais ou complementá-las, e desenvolver projetos para estudar teórica e experimentalmente a mecânica de oscilações.

Os assuntos propostos para serem estudados neste projeto foram escolhidos pelos interessados entre outros trabalhos associados ao tema de oscilações mecânicas que consideramos uma das ciências fundamentais para o desenvolvimento de um projeto tecnológico, cujo desenvolvimento permite transitar, entre Ciência e a Tecnologia, estabelecendo uma “praxis” que pode sustentar um processo de aprendizagem sob a perspectiva construtivista. Pudemos observar que eles responderam de forma surpreendente diante dos projetos que representaram desafios em termos de testar a capacidade de desenvolver certos produtos concretos considerados os fundamentos científicos e tecnológicos.

2. METODOLOGIA

2.1. UMA ABORDAGEM TEÓRICA DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O movimento harmônico simples - MHS representa todos os movimentos que apresentam uma periodicidade e uma amplitude A constante (maior alcance de suas posições) e, submetido à uma força restauradora F_R

dirigida sempre para a posição de equilíbrio (sempre contrária ao seu deslocamento x).

O sistema mecânico que será utilizado para o desenvolvimento de um referencial teórico (HALLIDAY et al, 1996) para outros tipos de oscilação é o de um oscilador clássico tipo massa-mola com movimentos lineares (Figura 1).

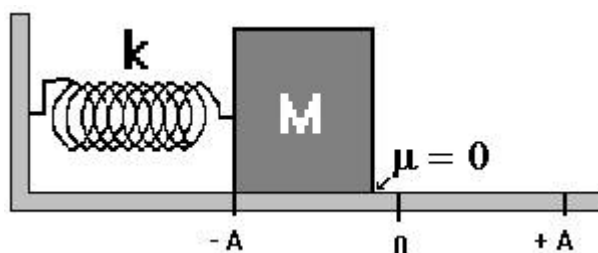


Figura 1. Representação esquemática do oscilador massa-mola com forças não conservativas minimizadas para desenvolver movimentos lineares entre $-A$ e $+A$ (amplitude A).

A força restauradora F_R , aplicada sobre M em oscilação para uma da alongação qualquer x da mola, com o movimento do corpo de massa M restrito à direção do eixo coordenado x e dependente de tempo, é dada pela conhecida Lei de Hooke: $F_R = -kx$, cujo sinal negativo significa que a força restauradora F_R é sempre contrária ao deslocamento x .

Pela 2ª Lei de Newton, a força F sobre M constante é dada por $F = Ma$, sendo a aceleração instantânea definida como a segunda derivada temporal de x , ou seja, $a = \frac{d^2x}{dt^2}$. Assim, a força pode ser reescrita como $F = M \frac{d^2x}{dt^2}$, e se a força restauradora for a única a influir no movimento de M na direção do eixo coordenado x , então, $F = F_R$, e portanto,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{M}x = 0 \quad (1)$$

A equação (1) é a equação do MHS na sua forma diferencial que, matematicamente, comporta como soluções, entre outras, funções do tipo seno e/ou cosseno, todas elas caracteristicamente periódicas como o movimento físico do MHS, e que seus valores, de -1 e $+1$, simetricamente ao referencial zero, podem ser ajustados aos extremos $-A$ e $+A$ definidos pela oscilação do sistema com a amplitude A .

Naturalmente, o procedimento aqui adotado se assemelha ao método de tentativas e erros, tão condenadas em se tratando principalmente de matérias científicas. No entanto, neste caso, não se trata de meros “chutes”, mas trata-se de aplicação e recorrência aos conhecimentos consensuais e interdisciplinares de Física e da Matemática que permitem escolher funções

matemáticas apropriadas e adequá-las aos parâmetros físicos de acordo com as condições de cada movimento. Assim, uma equação do MHS poderá ser

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

onde φ é a fase ou fator de fase para ajustar a equação ao movimento real de oscilação do sistema.

2.2. ESTUDO TEÓRICO DO MOVIMENTO HARMÔNICO AMORTECIDO

Recorrendo-se aos aspectos físicos e matemáticos do MHS, no caso de oscilações amortecidas - MHA, devemos admitir que existe uma força de natureza resistiva (não conservativa) ao movimento atuando sobre o sistema, isto é, uma força externa proporcional à velocidade de oscilação que ocasionará amortecimento no seu movimento. Assim, adequando a equação (1) do MHS para MHA, temos

$$\frac{d^2x}{dt^2} + d \frac{dx}{dt} + \frac{k}{M} x = 0, \quad (3)$$

sendo b o coeficiente de amortecimento, tendo como possível solução

$$x(t) = A_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{2} \cdot t} \cdot \text{sen}(\omega t + \varphi). \quad (4)$$

O caráter periódico com velocidade angular ω da equação acima é dado pela função seno, e a dinâmica de amortecimento da amplitude de oscilação é representada pela função exponencial $A(t) = A_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{2} \cdot t}$, onde A_0 é a amplitude inicial para o tempo inicial $t = 0$ e $\gamma = \frac{b}{m}$ a constante de tempo.

Nussenzweig (1996) classifica os possíveis tipos de amortecimentos em movimentos de oscilação mecânica segundo o grau de decaimento da amplitude relacionado com o fator de tempo $\frac{\gamma}{2}$: se $\frac{\gamma}{2} < \omega_0$, amortecimento subcrítico, se $\frac{\gamma}{2} = \omega_0$, amortecimento crítico, e se $\frac{\gamma}{2} > \omega_0$, amortecimento supercrítico.

2.3. ESTUDO TEÓRICO DO MOVIMENTO HARMÔNICO FORÇADO

Este tópico foi abordado somente de forma superficial, tanto teórica como experimentalmente em função da complexidade do arranjo instrumental exigido. Entretanto, em prosseguimento ao projeto, é um trabalho específico previsto para ser desenvolvido de uma forma que permita abordar adequadamente, e principalmente, o fenômeno de ressonância que é muito importante em vários aspectos da mecânica vibracional.

Um sistema forçado a oscilar por um propulsor externo o faz com a frequência angular ω do propulsor independentemente da frequência angular própria ω_0 do oscilador. No caso específico da frequência angular do propulsor se igualar à frequência angular natural do sistema, teremos a ocorrência do fenômeno conhecido como ressonância, isto é,

$$\omega = \omega_0 \quad (\text{ressonância}) \quad (5)$$

O mecanismo desenvolvido para obter uma oscilação forçada no sistema foi construído com base na conversão de movimentos circulares em movimentos retilíneos harmônicos. É um sistema de polias acionados por correias e propulsionados por um motor de máquina de costura com rotação variável conforme descrito nas seções de resultados.

2.4. PROJETO, DIMENSIONAMENTO E PRODUÇÃO DE COMPONENTES

Após a inicialização em trabalhos teóricos/conceituais, aos alunos da ETE foram propostos trabalhos práticos para a execução do projeto partindo da modelagem, passando aos desenhos e dimensionamentos das partes e peças elementares em programas de computador, principalmente com os recursos do Auto-CAD. A Figura 2 apresenta uma fotografia dos alunos da ETE em atividades de oficina mecânica da própria escola orientados por um dos estagiários.

O produto final desenvolvido foi idealizado e modelado tendo em vista os objetivos que permitiram alcançar vivências e aprendizagens das ciências e conceitos tecnológicos abrangidos pela temática, sempre orientados pelos bolsistas e estagiários quanto à questão da exequibilidade do projeto.



Figura 2. Grupo de alunos da Escola Técnica Estadual – ETE – Ilha Solteira do Centro Paula Souza (camisetas claras), em atividades de oficina mecânica para a produção de componentes necessários para a construção do sistema oscilador, orientados por um estagiário.

3. RESULTADOS

Os trabalhos teórico/experimentais realizados pelos alunos da ETE foram desenvolvidos desde a formatação dos projetos baseada nos fundamentos teóricos dos movimentos harmônicos e nos objetivos definidos nas propostas iniciais com bolsistas e estagiários do curso de Engenharia Mecânica.

Na seqüência, as etapas que os alunos cumpriram na execução dos trabalhos, incluídos os estudos continuados dos conceitos e modelos teóricos sobre oscilações mecânicas foram: idealização dos sistemas mecânicos e eletro-mecânicos, desenhos e dimensionamentos no Auto-CAD, confecção de peças e montagem dos sistemas, operação em ensaios, ajustes e registros de dados experimentais e avaliação do produto do projeto e do processo.

3.1. O OSCILADOR

A Figura 3 apresenta um registro fotográfico do oscilador construído. É uma base com um suporte para a caneta registradora de movimentos sobre quatro rodas com rolamentos de esfera.

As rodas de latão têm um perfil em “V” tal qual os trilhos em sulcos para monitorar as oscilações em movimentos retilíneos, tendo a base acoplada a duas molas iguais associadas em paralelo não explicitadas na fotografia correspondente à Figura 3. Esta montagem é feita, na prática, com somente uma mola longa (do comprimento dos trilhos) presa pelas extremidades em suportes anexados nas extremidades dos trilhos e pelo seu centro, no centro do corpo do oscilador.

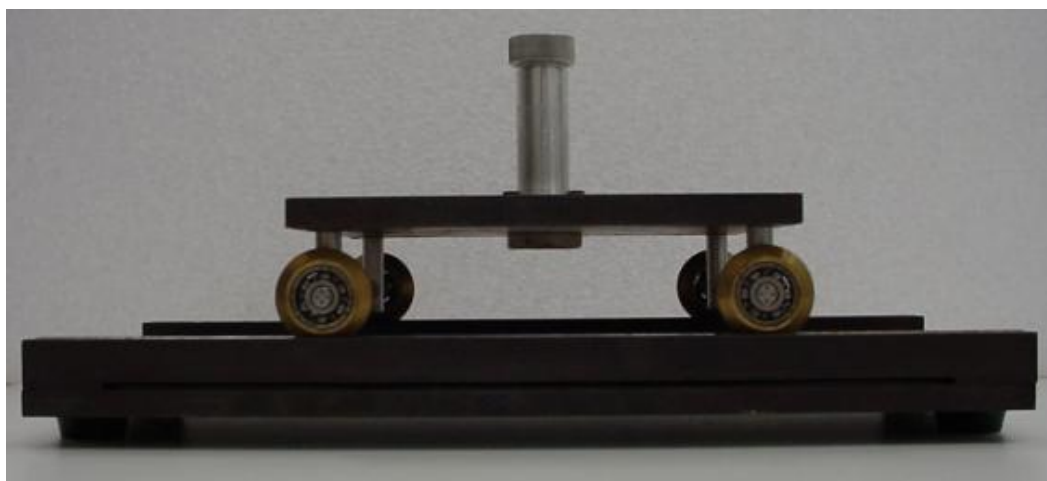


Figura 3. Vista lateral do oscilador construído sobre o trilho de monitoramento de movimentos com suporte para caneta registradora (cilindro central elevado). A mola não aparece na figura.

3.2. O REGISTRADOR ESPAÇO-TEMPO X-T

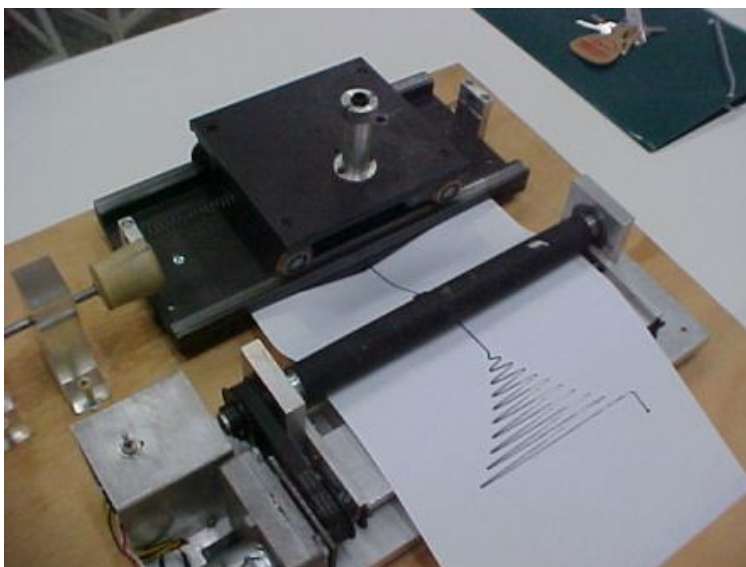


Figura 4. Fotografia dos detalhes do sistema oscilador em operação com registrador espaço-tempo x-t acoplado, apresentando em destaque o registro gráfico de uma oscilação tipicamente amortecida.

O registro de uma oscilação é obtida por um registrador espaço-tempo tipo x-t conforme ilustra a Figura 4. Na realidade, o registro propriamente dito é obtido por uma caneta tipo esferográfica e o equipamento acoplado (parte inferior da figura) é um simples puxador de papel com dois cilindros ajustados para uma velocidade $v = (19,5 \pm 0,5)$ mm/s que permite registros gráficos como o da oscilação tipicamente amortecida.

3.3. O PROPULSOR EXTERNO DE OSCILAÇÕES

Uma configuração bastante interessante para diversos estudos teórico/experimentais de oscilações é o caso de um sistema estar acoplado a um indutor externo de oscilações. Desta forma, foi idealizado, projetado e construído um sistema transdutor de movimentos circulares para movimentos vibracionais.

A Figura 5 apresenta o conjunto completo constituído pelo oscilador e pelo registrador espaço-tempo x-t (central) e pelo propulsor de oscilações constituído por um motor, um sistema de polias e correias, para monitoração de velocidades tangenciais das polias e seus movimentos circulares, e conversão para as diferentes oscilações lineares do sistema principal (à esquerda).

Ainda na Figura 5, à direita aparecem os dois amortecedores cilíndricos de ação hidráulica para estudo de amortecimentos monitorados que será discutido posteriormente.



Figura 5. Apresentação do sistema completo, com o oscilador e registrador x-t ao centro e tendo à esquerda o propulsor externo para estudo de oscilações sob ação de forças externas, e à direita, os dois amortecedores cilíndricos associados em paralelo para estudo de amortecimento monitorado.

3.4. REGISTRO GRÁFICO DE UMA OSCILAÇÃO AMORTECIDA

Diversos ensaios foram realizados obtendo-se registros gráficos que permitem estudar todas as variáveis envolvidas na mecânica de oscilações, exceto às que se referem à ressonância em oscilações forçadas.

Para as oscilações com amortecimentos subcríticos, apresentamos na Figura 6 o registro gráfico para um caso típico que obedece à equação (4) deste trabalho, ou seja, $x(t) = A_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{2} \cdot t} \cdot \text{sen}(\omega t + \varphi)$.

A partir dos dados que podem ser levantados no gráfico da Figura 6, os alunos puderam estudar desde a velocidade linear de puxamento da folha de registros, as relações entre o movimento circular dos cilindros do registrador x-t com a velocidade de arraste linear da folha de registros, até as grandezas físicas de oscilações, incluindo o valor do coeficiente de amortecimento b e o fator temporal $\frac{\gamma}{2} = \frac{b}{2m} < \omega_0$ (amortecimento subcrítico), cujos valores numéricos são irrelevantes para serem apresentados neste trabalho.

Outros estudos importantes em aplicações tecnológicas que foram estudados pelos alunos são os que se referem aos tipos de amortecimentos e as suas relações com o fator temporal $\gamma = \frac{b}{m}$ já abordado nos trabalhos teóricos. As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, registros gráficos de

amortecimento crítico, com perda brusca de energia mecânica, e supercrítico, com perda mais lenta da sua energia mecânica.

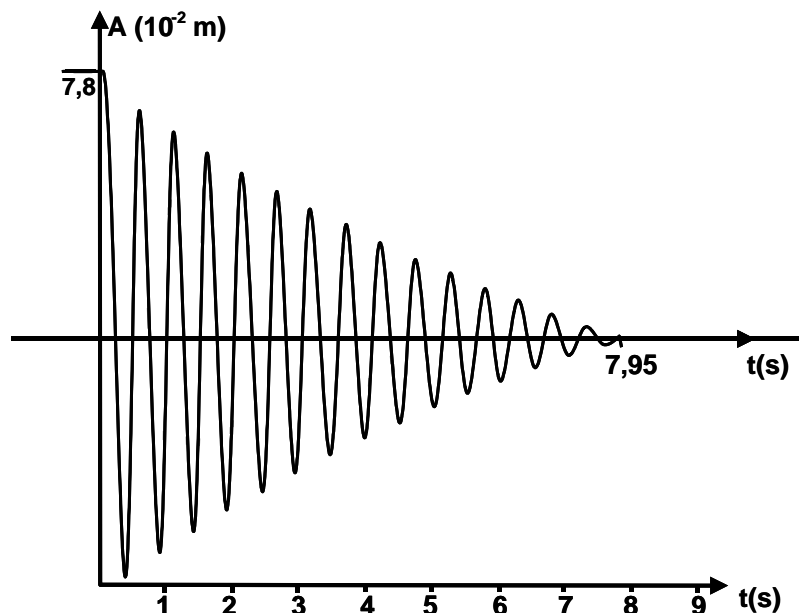


Figura 6. Registro gráfico de uma oscilação tipicamente amortecida, conhecida como amortecimento subcrítico do sistema, obtido pelo registrador espaço-tempo x-t construído.

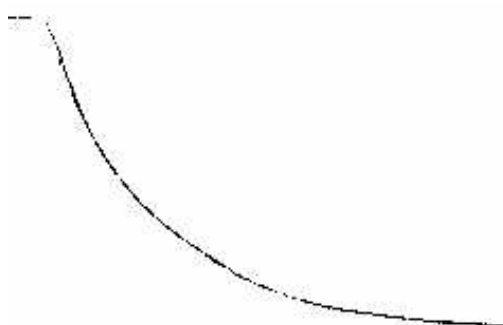


Figura 7. Registro gráfico de um amortecimento crítico observando-se a condição $\frac{\gamma}{2} = \omega_0$.



Figura 8. Registro gráfico de um amortecimento supercrítico observando-se a condição $\frac{\gamma}{2} > \omega_0$

3.5. REGISTRO GRÁFICO DE UMA OSCILAÇÃO FORÇADA

Como já foi discutido nos trabalhos teóricos, no caso de oscilações forçadas, o sistema oscila com a frequência angular ω do propulsor externo com força externa $F_{\text{ext}}(t) = F_0 \text{sen}(\omega t + \varphi)$ mesmo que a frequência angular natural do sistema seja $\omega_0 \neq \omega$.

O caso excepcional de $\omega_0 = \omega$ que representa a ressonância não foi explorado em função do grau de complexidade instrumental que o projeto desta natureza exige, embora seja um assunto de suma importância.

O que foi possível obter foi um registro gráfico de uma oscilação forçada, observando-se ao fim uma queda na amplitude de oscilação até atingir o seu valor zero após o desligamento do motor.

A amplitude de oscilação neste caso é definida pelo raio do eixo excêntrico acionador de uma biela que transforma um movimento circular em movimento de oscilação. Na Figura 9, um gráfico correspondente à uma oscilação forçada do sistema construído é apresentado, sendo a sua frequência angular definida pela rotação imprimida no motor elétrico de uma máquina de costura comercial e o sistema de roldanas desenvolvido para este fim.

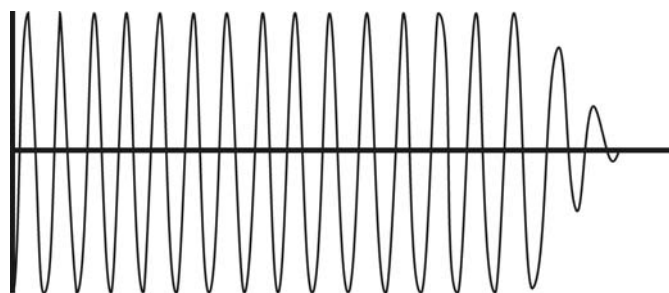


Figura 9. Registro gráfico de um MHS obtido no sistema oscilador construído com parâmetros definidos pelo propulsor externo construído para diferentes amplitudes e frequências angulares de oscilação.

3.6. OSCILADORES MECÂNICOS REAIS E ASPECTOS PEDAGÓGICOS EM LABORATÓRIOS DE ENSINO

Foram feitos vários ensaios com diferentes relações massa/mola, variados parâmetros de amortecimento e de propulsão externa. Neste trabalho, estamos apresentando somente dados referentes a ensaios mais significativos.

Com a instrumentação desenvolvida e a partir dos registros como os apresentados nas Figuras de 6 a 9, foram possíveis extrair dados experimentais, em escala real, para estudar a amplitude de uma oscilação, com ou sem amortecimento, determinar a frequência, o período e a frequência angular de oscilação assim como determinar as demais variáveis físicas das oscilações como a energia mecânica e a sua taxa de variação.

A associação de uma observação de um fenômeno real como o de um amortecimento exponencial com um modelo consensual dado pela equação

$A(t) = x_{\text{máx}} e^{-bt}$, é suficientemente desafiador, porém, quando a mesma foi analisada nos seus limites de $t = 0$ e de $t \rightarrow \infty$ e com os seus resultados confrontados com os do registro gráfico de um movimento real, o potencial de convencimento, de assimilação e de aprendizagem foi muito mais significativo.

No gráfico da Figura 6, observa-se a amplitude inicial para $t = 0$ com deslocamento máximo e cessando a oscilação após um tempo grande. A

equação $A(t) = x_{\text{máx}} e^{-bt}$, nos seus limites, também se comporta de forma semelhante, sendo $A(t=0) = x_{\text{máx}}$ e $A(t \rightarrow \infty) = 0$.

As práticas aqui discutidas constituem somente parte do que de mais significativo pudemos observar enquanto propostas alternativas de educação científica e tecnológica em termos de pedagogia dos projetos.

Naturalmente, o processo deve ter continuidade para melhor compreendermos a prática, principalmente pesquisando outras clientelas, mesmo porque ainda persistem resistências às mudanças que constituem as principais dificuldades.

4. PRINCIPAIS DIFICULDADES

As principais dificuldades não se referem às ciências da mecânica de oscilações nem à tecnologia envolvida no desenvolvimento do projeto mesmo que estes temas sejam suficientemente complexos. A dificuldade mais significativa foi a questão relativa ao modelo do processo ensino-aprendizagem: a cultura pelas aulas tradicionais é muito forte e, qualquer mudança na proposta de educação científica encontra resistências. É muito difícil “aprender brincando”, pelo menos neste estágio cultural. É necessário investir mais tempo para que a escola passe a constituir um espaço para a criação.

5. CONCLUSÕES

Um trabalho desta natureza pode, com bastante segurança, constituir-se em uma atividade didática de formação de estudantes a nível médio profissionalizante e de nível superior das áreas de Ciências e Tecnologia. As abordagens teórico/experimentais, feitas sob toda a dimensão de conhecimentos relativos à mecânica de oscilações, sem evitar as complexidades de qualquer natureza que são inevitáveis neste tipo de proposta pedagógica. Temos a segurança de que os estudos contribuíram significativamente na formação de conceitos sobre propostas alternativas às aulas expositivas tradicionais quando observamos maior entusiasmo (com comemorações) entre bolsistas e alunos em cada conquista em termos de aprendizagem e melhor assimilação de modelos consensuais.

A construção de conhecimentos diretos e indiretos, o desenvolvimento de habilidades e competências num processo produtivo, transitando entre a ciência e a tecnologia em seus dois sentidos, através da concepção, da elaboração e da execução de um projeto e da operação do seu produto, assim como com as análises dos resultados como os apresentados neste texto, formaram a essência desta proposta alternativa às aulas expositivas tradicionais.

O envolvimento dos alunos foi bastante significativo, permitindo estudar possibilidades de aperfeiçoar a proposta para realmente poder vir a substituir algumas disciplinas atualmente curriculares, ou no mínimo vir a complementar os trabalhos disciplinares tradicionais.

Foi muito interessante, já nos períodos finais da execução do projeto, observar que certos conteúdos foram trabalhados sem que os alunos se apercebessem de que estavam tendo “aulas” sobre determinados assuntos tanto era o grau do seu envolvimento nos trabalhos.

Agradecimentos. Somos gratos à Diretora da ETE – Ilha Solteira – Centro Paula Souza Prof. Sonia Regina Corrêa Fernandes pelo incondicional apoio dado ao desenvolvimento deste projeto, às acadêmicas Cristiane Bombarda de Moraes, Cecília de Faria Sampaio, Edilson Guimarães de Souza pelas participações no desenvolvimento do projeto, aos técnicos Erlon Batista Nogueira, Edvaldo de Silva de Araújo, Gilberto Antonio de Brito pelo apoio na confecção de peças e à FUNDUNESP pelo apoio financeiro.

6. BIBLIOGRAFIA

DECI, E.L.; RYAN, R.M. Promoting self-determined education, **Scandinavian Journal of Education Research**, v.38, n.1, p.3-15, 1994.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Mecânica**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. v.1.

NERSESSIAN, N. Shoud physicists preach what they practice? constructive modeling in doing and learning physics. **Science & Education**, v.4, p.203-226, 1995.

NUSSENSWEIG, H.M. **Física básica**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1996. v.2.

PACCA, J.L.A.; VILLANI, A. A competência dialógica do professor de ciências. In: _____. **ATAS da ANPED, 20**. Caxambu; Minas Gerais: GT de Didática, 1997. (1 disquete).