



APRENDENDO PROJETO MECÂNICO E HISTÓRIA DA CIÊNCIA A PARTIR DE MÁQUINAS ANTIGAS

Samuel S. de Oliveira – samuelsampaio@id.uff.br
Marcelle E. Ferreira – marcellef@id.uff.br
Divino P. de S. Júnior – divinopsj@id.uff.br
Humberto Cascardo Demolinari – hcascardo@id.uff.br
Fabiana R. Leta – fabianaleta@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, Bloco E, sala 218
24210-240 – Niterói – Rio de Janeiro

Resumo: *O principal objetivo desse projeto é estimular o aprendizado de Engenharia e despertar o interesse em História da Ciência, através de estudos sobre máquinas antigas. Considerando uma metodologia de engenharia reversa e “hands-on”, conteúdos de Resistência dos Materiais, Seleção e Especificação de Materiais, Fabricação Mecânica, entre outros, são abordados na elaboração do projeto e construção de máquinas antigas. Como primeiro estudo de caso, destaca-se o torno de Leonardo Da Vinci. Estudos sobre a época do Renascimento, parte da história de Da Vinci e das inovações tecnológicas que mudaram o mundo se encontram, também, neste projeto.*

Palavras-chave: *Engenharia Reversa, Máquinas Antigas, História da Ciência, Projeto Mecânico, Leonardo Da Vinci*

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo colocar em prática o conceito de engenharia reversa, ou seja, observar projetos prontos, descobrir o funcionamento e tentar melhorar os mesmos. Assim sendo, teve como partida alguns estudos de invenções e projetos, em especial aqueles que, de forma substancial, proporcionaram um avanço tecnológico acima do esperado para a sua época.

É sabido que a área militar sempre impulsionou o desenvolvimento tecnológico durante os séculos: espadas, escudos, arcos e flechas foram perdendo força bélica para novas invenções como armas de fogo. Máquinas foram propostas por pensadores de suas épocas, como exemplo por Leonardo Da Vinci, e, revolucionariam essa área, desde a fabricação à aplicação.

Na Idade Média, vários foram os fatores que limitaram a população a perceberem um desenvolvimento e a obterem conhecimento. Doenças, como a peste negra, a Guerra dos Cem anos e a Igreja, restringiram o desenvolvimento da população que crescia em um ambiente de ignorância (SANCOSVSKY, 2011). Apesar disso, vários foram os destaques que surgiram

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



nessa época e trouxeram explicações e inovações para a sociedade.

Podem-se citar pessoas que, estimuladas por um espírito visionário, ficaram na história, tais como: Galileu Galilei (1564-1642), Nicolau Copérnico (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630) e Leonardo Da Vinci (1475-1564) (VICENTINO, 2000). Estes foram responsáveis por parte da evolução da sociedade.

Considerando este contexto, o grupo do Programa de Educação Tutorial em Engenharia Mecânica da Universidade Federal Fluminense teve interesse em pesquisar mais a fundo as máquinas e os processos de fabricação da época.

O principal objetivo do trabalho foi desenvolver, através da metodologia do aprender fazendo ou “*hands-on*”, (PAVÃO, 2011), a engenharia reversa necessária para se recriar uma máquina antiga, como por exemplo, as de Leonardo Da Vinci.

Através da metodologia do “aprender fazendo”, espera-se que os alunos sejam capazes de compreender o mundo através da ciência e da interatividade com a mesma. Dessa forma, o conhecimento passa a ser obtido de maneira dinâmica e também permite desenvolver a criatividade e a capacidade de buscar soluções em situações problema (PAVÃO, 2011).

A Engenharia reversa é um método em que se trabalha com determinado produto já existente, a fim de entender como se dá seu funcionamento, quais são seus objetivos e como ele se comporta em quaisquer situações. Essa atividade é utilizada para que modificações e atualizações sejam feitas no produto, ou, ainda, para entender o funcionamento do mesmo na prática (JUNIOR, et al. 2005).

Deste modo, considerando estes conceitos decidiu-se desenvolver o projeto aplicado à produção de mais de uma dessas máquinas. Inicialmente considerou-se o torno, e, a partir da análise dos desenhos disponíveis, realiza-se uma avaliação dos conhecimentos de Resistência dos Materiais, Mecânica dos Sólidos e Dinâmica envolvidas. Refletindo-se sobre as limitações da época, tais como as referentes aos processos de fabricação e montagem, pode-se assim, avaliar a magnitude do impacto que esses inventos tiveram na ocasião.

Para o presente trabalho pretende-se utilizar matérias primas disponíveis na época, bem como os processos de fabricação conhecidos. Assim, considerando a realidade neste tempo e tentando reproduzir as invenções, é possível avaliar a dificuldade e as limitações que os pensadores citados acima tiveram para inovar muito à frente de seu tempo.

2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Inovação é a exploração bem-sucedida de novas ideias (BESSANT, 2004). Há décadas modelos de inovação vêm sendo discutidos, buscando-se uma maior interação entre o setor produtivo e as áreas de pesquisa e conhecimento. Desde a década de 60, a inovação se apresenta com um perfil econômico e corporativo, sendo essencial para o desenvolvimento e permanência de empresas e governos. Sendo, então, uma política necessária, percebe-se ao longo deste período um grande estímulo para o depósito de patentes na área tecnológica. Já na década de 80, o principal significado de inovação passa a estar relacionada com fluxos de informação (ANDRADE, 2004).

A inovação, portanto, não depende somente de critérios racionais; a inovação deve se adaptar à época e ao público. Sendo assim, nesse trabalho serão destacadas as inovações tecnológicas referentes às áreas em que Leonardo Da Vinci se envolveu. Englobando ainda inovações da mesma época conhecida como Renascimento que se estende desde o século XV até o século XVII, quando se instala a Modernidade. Esses períodos não são exatos (WOORTMANN, 1996). As inovações aqui apresentadas têm como objetivo contextualizar o avanço das áreas estudadas por Da Vinci até sua morte.



Em ordem cronológica, são apresentadas algumas invenções pertinentes a serem comentadas por acreditar-se que estas podem ter inspirado o pensador em estudo, nas mais diversas áreas de sua atuação: o sextante, o eixo de transmissão, o arcabuz, a máquina de impressão com tipos móveis (HUGHES et al, 2009) e, ainda, a prática da dissecação.

2.1 A invenção do sextante

O primeiro sextante foi construído por Abu-Mahmud al-Khujandi (940-1000), um observador astronômico iraniano e projetista de instrumentos, em 994. O instrumento tinha um raio de 20 metros e foi projetado para medir as altitudes máxima e mínima do Sol sobre o horizonte ao meio-dia, nos dias do solstício de verão e de inverno. A latitude do observador era calculada fazendo-se a média dos dois ângulos encontrados.

Os sextantes astronômicos recentes são menores e apoiados no ponto de equilíbrio. Eles são usados para medir a separação entre estrelas e planetas (HUGHES, 2009).

2.2 A invenção do eixo de transmissão

O eixo de transmissão foi primeiramente descrito em 1206, em um livro publicado pelo islâmico Al-Jazari, o livro do conhecimento de engenhosos dispositivos mecânicos. O dispositivo capaz de transformar o movimento giratório em movimento linear era formado por um cabo com lóbulos ovalados presos às extremidades, que giram com o cabo.

O principal uso para o eixo de transmissão se dá em motores de combustão interna, nos dias atuais, mas na época aqui estudada a invenção era usada em moinhos de vento e rodas-d'água (HAWKSETT, 2009).

2.3 A invenção do arcabuz

O arcabuz apareceu na metade do século XV e seria uma das primeiras armas de fogo portáteis e eficientes. O canhão já havia sido inventado há mais de 200 anos e o arcabuz era uma arma de menor porte e mais fácil de ser manejada do que bestas e arcos. O arcabuz, originado na Espanha, utilizava um mecanismo de pinos com o estopim de queima lenta em uma das extremidades. Assim, o atirador poderia usar suas duas mãos para mirar e depois apertar a outra extremidade da alavanca do mecanismo para que o estopim tocasse na pólvora e disparasse (GRENFELL, 2009).

2.4 A invenção da máquina de impressão

Ainda na metade do século XV, o alemão Gutemberg criou a imprensa de Gutemberg, uma máquina de impressão na qual as letras eram feitas com ligas metálicas e dispostas de modo a formar palavras e depois unidas através de um gabarito, produzindo uma página inteira de texto. Essa inovação foi responsável pela disseminação dos livros, pois era capaz de produzir centenas de páginas iguais, facilitando, assim, a disseminação do conhecimento (FRICKER, 2009).

3. LEONARDO DA VINCI

Ao citar Leonardo Da Vinci, imediatamente associa-se este nome a obras como A



Monalisa e A Última Ceia, contudo, sua fama provém de inúmeros outros feitos. Além de um excelente pintor renascentista, Da Vinci, desde criança, já demonstrava possuir habilidades únicas, que o levariam a ser conhecido, também, como escultor, arquiteto, matemático, urbanista, físico, astrônomo, engenheiro, químico, naturalista, geólogo, cartógrafo, estrategista, criador de engenhos bélicos e inventor italiano (Universidade de Lisboa, 2001).

Seu legado como pintor é mundialmente conhecido, caracterizado pelos conceitos de geometria utilizados nas suas obras como, por exemplo, pontos de fuga, para gerar um aspecto tridimensional a suas pinturas.

Na área tecnológica, teve importante papel no desenvolvimento da engenharia militar, realizando projetos e desenhos na área mecânica, balística e fortificações, modificando, assim, o mundo bélico com invenções muito acima do conhecimento existente na sua época. Um feito importante foi a previsão da eficiência e produtividade que as máquinas proporcionariam a sociedade, dando início a ideia da revolução industrial que só aconteceria 300 anos depois (Fundação Museu da Tecnologia de São Paulo, 2004).

Seja na arte ou na ciência, Leonardo Da Vinci sempre teve como objetivo a observação criteriosa da natureza, sobre a qual baseava grande parte de seus estudos, buscando na aplicação prática de ideias todo o seu conhecimento e buscando a inter-relação entre as inúmeras áreas de conhecimento (UOL EDUCAÇÃO, 2003).

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste projeto envolve as seguintes etapas:

- 1- Estudo bibliográfico sobre História da Ciência – identificando as principais épocas da história especialmente relacionadas à Engenharia Mecânica e seus principais inventores.
- 2- Definição sobre as invenções a serem estudadas e reproduzidas – a escolha é baseada na viabilidade construtiva da invenção, considerando simplicidade e materiais. Deste modo neste primeiro caso escolheu-se como caso de estudo as máquinas de Leonardo da Vinci.
- 3- Estudo do desenho da invenção – análise do desenho para configuração do projeto mecânico, considerando as dimensões possíveis de serem extraídas.
- 4- Elaboração do projeto mecânico – definição das partes principais, com as dimensões e especificação dos materiais envolvidos.
- 5- Fabricação e construção da máquina – considerando materiais acessíveis, o projeto será fabricado e montado. Será avaliada a adequação do dimensionamento e sua semelhança com o desenho original.

5. ESTUDO DE CASO: TORNO

Para o primeiro caso de estudo foi escolhido o torno mecânico de Leonardo Da Vinci (Figura 2). Esta escolha foi feita por vários motivos, sendo o principal deles que devido a essa “simples” invenção, possibilitou-se a criação de uma gama de equipamentos importantes para a área de Fabricação Mecânica, especialmente para a época. Para ilustrar isso, deve-se lembrar de que peças de equipamentos bélicos precisam ser fabricadas no torno mecânico, como parafusos, rodas, entre outras.

Cabe ressaltar que ao pensar na mobilidade e tecnologia que foi atingida há quase 600 anos depois da existência de Leonardo da Vinci, grande parte do aparato que possibilitou isso



passa pela invenção do século XV. Desde uma bicicleta até um carro de luxo, muitas são as peças que são concebidas pela usinagem em um torno, e a concepção das mesmas não seria possível de outra forma.

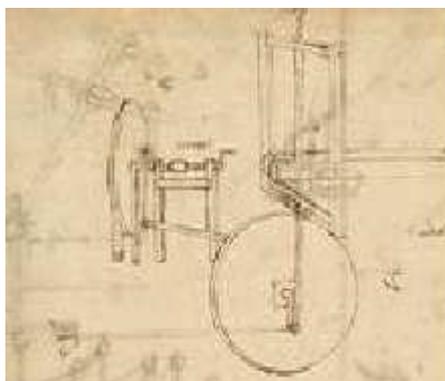


Figura 2 – Desenho do torno mecânico de Leonardo da Vinci – Codex Atlantic.

Os tornos mecânicos atuais tiveram um desenvolvimento notório desde sua concepção. Hoje, ao contrário do projeto original, que era formado por um grande disco movido por um pedal, a rotação se deve a motores elétricos que fornecem uma velocidade de rotação maior, possibilitando a usinagem de materiais mais resistentes. Já os equipamentos atuais têm várias “inovações”, como a utilização de um motor, substituindo o pedal, entre outras implementações principais como citadas brevemente (FERNANDES).

- Barramento (trilhos paralelos para deslizamento do carro em seu movimento longitudinal)
- Cabeçote fixo (conjunto constituído de carcaça, engrenagens e eixo-árvore. Responsável pelo movimento de rotação da peça);
- Cabeçote móvel (parte do torno que se desloca sobre o barramento, oposta ao cabeçote fixo);
- Carro principal (conjunto formado por avental, mesa, carro transversal, carro superior e porta-ferramentas);
- Caixa Norton (também conhecida por caixa de engrenagem, é formada por carcaça, eixos e engrenagens; serve para transmitir o movimento de avanço do recâmbio para a ferramenta);
- Recâmbio (a parte responsável pela transmissão do movimento de rotação do cabeçote fixo para a caixa Norton).

Assim, procura-se comparar o invento de Leonardo Da Vinci a partir do conhecimento e equipamento de hoje com o ponto de vista da época. Primeiramente, ao analisar as partes do torno antigo pode-se destacar:

- Pedal (dispositivo de movimento vertical, ligado a uma biela responsável por dar movimento ao eixo);
- Biela (É uma barra serve para transmitir ou transformar o movimento retilíneo alternativo em circular contínuo);
- Volante (Peça de grande raio que tem por finalidade dar um alto momento de inercia, responsável por absorver vibrações do eixo e manter estável (ou dificultar oscilações) da rotação);
- Cabeçote fixo (Não tão desenvolvido como os atuais, mas com a mesma função de dar movimento de rotação a peça);



- Cabeçote de fixação (Pouco desenvolvido, tem a mesma função do cabeçote móvel, que é ficar oposto ao cabeçote fixo para a afiação da peça a ser usinada).

Para dar início a análise do invento, deve-se lembrar de que os motores elétricos que movem os atuais tornos só foram criados no século XIV. Com isso, pode-se ter ideia da dificuldade de conceber tal invento. Para que se possa usinar uma peça, e conseguir qualidade superficial da mesma, deve-se ter um equipamento que proporcione uma rotação alta e que não sofra grandes variações à medida que se usina a peça. Com isso, a ideia de colocar um disco, dotado de grande momento de inércia, movido por um pedal e biela, torna-se uma revolução. Conseguir-se com um movimento dos pés do operador, vai e vem no pedal, rodar o disco e posteriormente o cabeçote fixo, tendo assim um relativo controle da velocidade desejada na usinagem.

Já os pontos que foram julgados como precários foram o cabeçote fixo e o cabeçote de fixação. Com pouca mobilidade e alternativas, fica quase que restrito o diâmetro das peças que se deseja usinar. A matéria bruta a ser fixada no cabeçote fixo, deve obrigatoriamente, ter um diâmetro fixo. Com isso fica restrita a possibilidade de fabricação de uma grande peça ou pequena peça, necessita-se assim de uma matéria prima fixa com o diâmetro fixo. Esta criação é atualmente denominada como castanha.

Assim, o grupo tentou pensar em um dispositivo eficiente como a castanha dos tornos atuais, mas que fosse possível construir no século XVI. A solução mais simples pensada foi fazer um cabeçote fixo que tenha algumas possibilidades de diâmetros. Assim, ainda se teria restrições, mas poderia se usinar um maior número de peças brutas. Esses diâmetros variáveis do cabeçote móvel teriam um parafuso cada um, para que, com isso, a peça ficasse bem presa e todo o movimento do volante fosse passado para a peça a ser usinada.

Já para o cabeçote fixo, a solução arquitetada foi uma manivela, com rosca, que poderia ajustar-se a vários comprimentos da peça, de modo que não fosse necessário que a mesma fosse de comprimentos previamente determinados.

Por último, no volante feito de madeira densa, optou-se por colocar um aro de ferro por toda a sua circunferência. Conseguindo-se, assim, aumentar consideravelmente o momento de inércia da mesma, e ter uma variação menos brusca das velocidades de rotação.

Com essas modificações no projeto de aproximadamente 600 anos, consegue-se ter um torno com pleno potencial de usinagem, podendo de forma simples usinar uma boa quantidade de peças, em madeira. A limitação ainda do invento e no quesito de ferramentas da usinagem, onde todas as ferramentas são seguradas a mão, o que torna a peça final uma questão de talento e não puramente técnica.

Poder-se-ia, assim, desenvolver um dispositivo de fixação de ferramentas, porém isso foi considerado pelo grupo como uma visão privilegiada da atualidade, não cabendo, então, utilizar em um invento de mais de 600 anos. A seguir, são mostradas as Figuras 1, 2 e 3, referentes ao projeto e às modificações realizadas pelo grupo. Sendo considerado para o projeto apenas madeira e ferro como matéria-prima, materiais disponíveis na época, inclusive as conformações mecânicas possíveis dos mesmos.

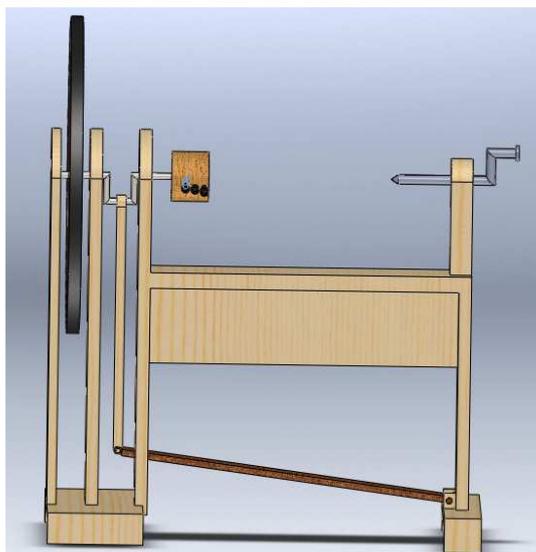


Figura 2-Vista frontal do torno.

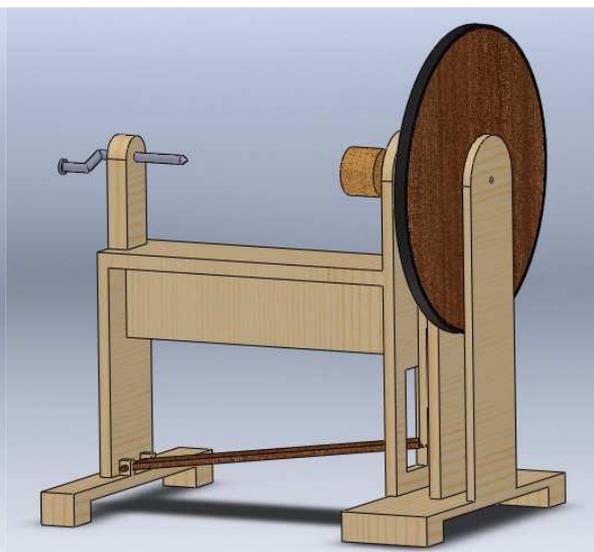


Figura 3-Vista traseira do torno.

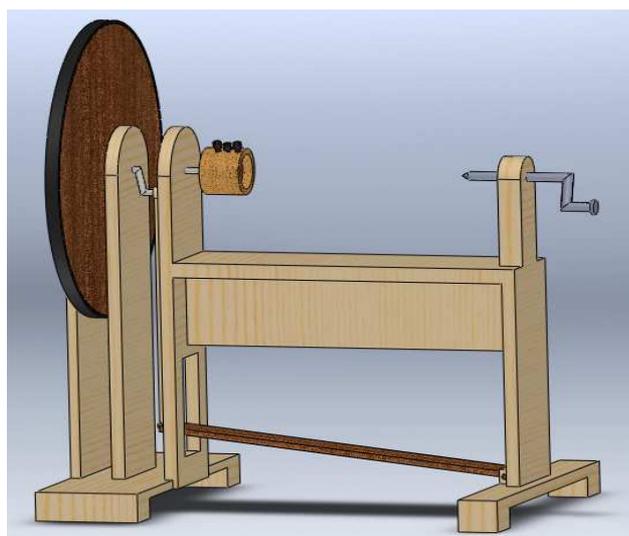


Figura 4- Vista de perspectiva frontal.

6. CONCLUSÃO

Tendo-se em vista os objetivos propostos e os já alcançados, percebe-se que o projeto é viável e atende às expectativas iniciais: o ensino aplicado de conteúdos de Engenharia através de invenções antigas.

Destaca-se ainda como ponto positivo do projeto o fato dos alunos começarem a desenvolver um olhar crítico quanto a inovações tecnológicas, desde épocas muito antigas, e como elas impactaram o mundo de hoje.

Como projeto futuro, pretende-se desenvolver mais detalhadamente o projeto do torno mecânico de Da Vinci e partir para a sua construção. Além da fabricação do torno de Da Vinci e dos estudos que poderão ser feitos a partir dele, pretende-se partir para a execução do projeto com outros tipos de máquinas antigas. Fazendo-se, mais uma vez, uso das metodologias do aprender fazendo e da engenharia reversa.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, T. de. **Inovação Tecnológica e Meio Ambiente: A Construção de Novos Enfoques**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n1/23538.pdf>> Acesso em: 28 maio 2011.

BESSANT,J.; TIDD,J. **Inovação e Empreendedorismo**. Innovation Unit, Department of Trade and Industry, Reino Unido, 2004.

FERNANDES, N.V., JUNIOR, L.A.F. **Prática de Oficina – Usinagem**. Pontifícia Universidade Católica- PUC. Disponível em: <<http://faiscas.net/torno.pdf>> Acesso em: 02 junho 2012.

FRICKER, M.. In: **1001 Invenções que mudaram o mundo 2009**. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, p.[164]. 2010.

FUNDAÇÃO MUSEU DA TECNOLOGIA DE SÃO PAULO. LEONARDO DA VINCI. Disponível em: <http://www.museutec.org.br/previewmuseologico/leonardo_da_vinci.htm> Acesso em: 30 maio 2012.

GRENFELL, B. Arcabuz (c. 1450).). In: **1001 Invenções que mudaram o mundo 2009**. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, p.[162]. 2010.

HAWKSETT, D. (c.1206). In: **1001 Invenções que mudaram o mundo 2009**. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, p.[153]. 2010.

HUGHES, D. Sextante (c.994). In: **1001 Invenções que mudaram o mundo 2009**. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, p.[143]. 2010.

JUNIOR, A.J.S.C.; SOUZA,D.A.; MOUTINHO,D.S.; LOHNEFINK,D.P. **Engenharia Reversa**. Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal Fluminense – UFF, 2005. Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$fome-pestes-e-guerra-triste-trilogia-entre-os](http://www.infopedia.pt/$fome-pestes-e-guerra-triste-trilogia-entre-os)> Acesso em: 30 maio 2012.

PAVÃO, A.C., LEITÃO, A. **Hands-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on!** Disponível em: < <http://www.popcyt.com/0711-md2.pdf>> Acesso em: 28 maio 2011.

SANCOVSKY, R.R. **Cultura Material e Cultura Literária Idade Média Ibérica: Fragmentos da Identidade Sefaradí entre Pérsia, Palestina e Hispania**. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/iberoamericana/article/view/7414/pdf_1> Acesso em: 02 junho 2011.

UNIVERSIDADE DE LISBOA. Leonardo da Vinci (1452 - 1519). Disponível em: <<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm2000/icm33/Leonardo.htm>> Acesso em: 28 maio 2012.



UOL EDUCAÇÃO. Artista e inventor Leonardo da Vinci. Disponível em:
<<http://educacao.uol.com.br/biografias/leonardo-da-vinci.jhtm>> Acesso: 28 maio 2012.

VICENTINO, C. História Geral. São Paulo: Scipione, 2000.

WOORTMANN, K. **Religião e Ciência no Renascimento**. Disponível em:
<<http://pt.scribd.com/doc/6904545/RELIGIAO-E-CIENCIA-NO-RENASCIMENTO-Klaas-Woortmann>> Acesso em: 28 maio 2011.



LEARNING MECHANICAL DESIGN AND HISTORY OF SCIENCE FROM OLD MACHINERY

Abstract: *Encouraging the practical study of the history of Engineering, Manufacturing, Strength of Materials and other subjects related to Mechanical Engineering course through the methodology "hands-on" and reverse engineering is the main objective of this project. The authors seek the studying, the project design and the construction of old machinery, starting at Da Vinci. Studies on the Renaissance, part of the story of Da Vinci and technological innovations that changed the world are also in this article.*

Key-words: *Reverse Engineering, Old Machinery, History of Science, Mechanical Design, Leonardo Da Vinci*