

03-009

Study and design of a semi-automatic industrial device

André Fernandes; Eurico Augusto Rodrigues De Seabra; José Simões

Universidade do Minho;

This paper presents all the development of mechanical design that have been realized for a semi-automatic industrial device whose functionality is to apply adhesive tape around a cylindrical body.

Nowadays, the applying process of several adhesive tapes is completely manual. This is a time-consuming process, hence it was divided into some repetitive auxiliary tasks, which require repeated operator movements. One of the project difficulty was the fact of the cylindrical body, where the tapes are applied, be very flexible.

Due to the study done it was possible to reach a conceptual idea of the semi-automatic device that allows to optimize the manual process. This device was idealized for four different lengths and for two different body diameters. In addition, were taken into consideration the adhesive tapes specifications.

The article presents all methodology of project followed (objectives clarification, project functions and specifications, etc...) and all critical thinking about the conceptual idea obtained, listing the critical key issues of the device, which should be analyzed on a physical prototype before proceeding to the manufacture of the device.

Keywords: Mechanical design; Methodology; Industrial device

Estudo e conceção de um equipamento semiautomático industrial

O presente artigo relata todo o trabalho de desenvolvimento do projeto mecânico que foi realizado para a conceção de um equipamento semiautomático industrial, cuja funcionalidade passa por colar fita-cola adesiva em torno de um corpo cilíndrico.

Atualmente, a tarefa de aplicação das diversas fitas é totalmente manual. Este é um processo demoroso, na medida em que esta função é dividida em tarefas auxiliares, que exigem uma repetibilidade de movimentos por parte dos operadores. Uma das dificuldades deste projeto consiste na elevada flexibilidade do corpo onde são aplicadas estas fitas.

Com o estudo realizado foi possível alcançar uma ideia concetual para um equipamento semiautomático que permite otimizar todo o processo manual existente. Esta máquina foi idealizada para os quatro diferentes tamanhos de comprimento do corpo cilíndrico e para os seus dois diâmetros de corpo existentes. Além disso foram tidas em consideração as diversas especificações associadas às fitas.

O artigo expõe toda a metodologia de projeto seguida (a clarificação dos objetivos, funções e especificações do projeto, etc..) e toda uma reflexão sobre a ideia concetual obtida, enumerando quais os pontos críticos de funcionamento, que deverão ser verificados num protótipo físico antes de se passar para o fabrico do equipamento.

Palabras clave: Projeto Mecânico; Metodologia; Máquina industrial

Correspondencia: André Fernandes a65381@alumni.uminho.pt



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

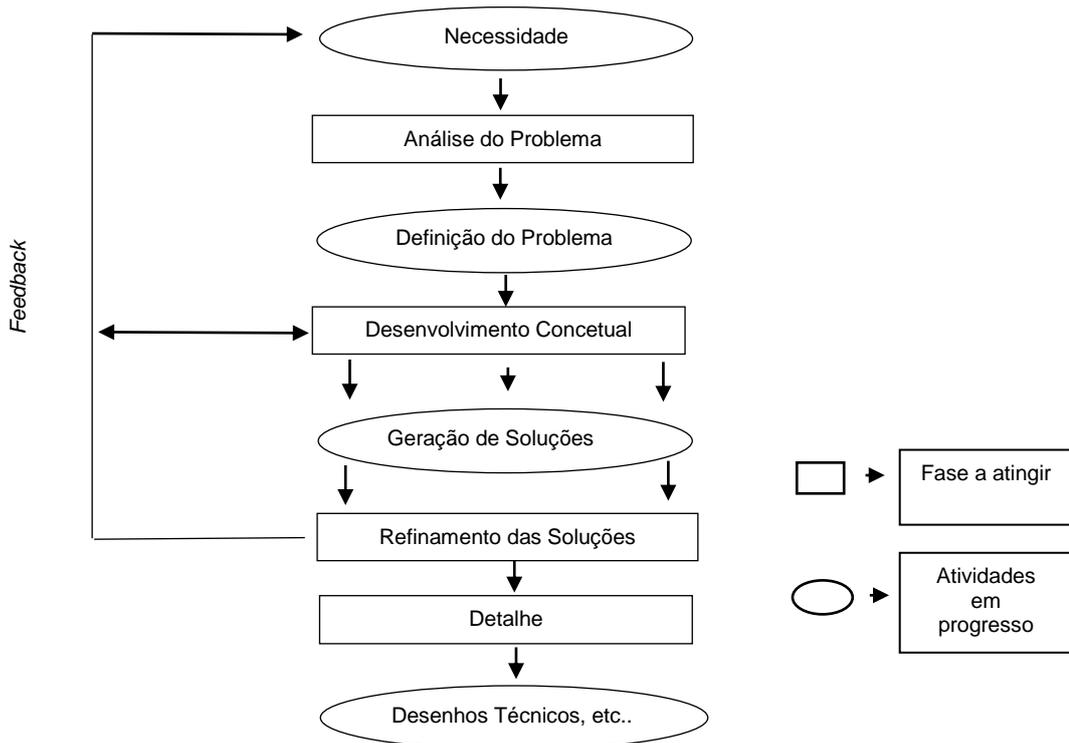
1. INTRODUÇÃO

Todo o Projeto Mecânico é arquitetado num vasto “processo”, composto por algumas etapas que têm de ser seguidas, de modo a obter um produto final funcional e do agrado de todas as partes envolvidas no seu desenvolvimento.

Estas etapas formam entre si um ciclo que é percorrido sequencialmente, e dependendo do desenrolar do projeto, estas podem ser percorridas uma única vez ou pode haver a necessidade de repetir algumas. Segundo Nigel Cross (2008), no início de qualquer projeto não há nenhuma garantia de que ele vai terminar com sucesso, porém devem ser tomadas todas as diligências de modo a tentar minimizar os riscos inerentes ao seu desenvolvimento. Posto isto, é necessário que todas as partes estejam mentalizadas que este “processo” pode ser demoroso e iterativo, ou seja, devem estar precavidas para a possibilidade de ser necessário realizar várias melhorias na ideia concetual inicial, ou até mesmo abandoná-la, até se obter o produto final.

O modelo de French (Cross 2008), como se demonstra na Figura 1, retrata, detalhadamente, todo o percurso a realizar num Projeto Mecânico.

Figura 1: Modelo de French para o projeto



O esquema anterior retrata, sinteticamente, as etapas a ultrapassar bem como a interligação entre estas (Pahl et al 2001, Pugh 1997, Shigley et al 2003). Todo o projeto surge de uma necessidade, podendo esta ter origem no pedido especial de um cliente, ou ser uma necessidade de mercado ou até ser uma necessidade dentro da própria empresa. Conhecendo a necessidade que provocou o início de todo o “processo”, é necessário identificar e definir o problema, constrangimentos, critérios e especificações. Tendo estas tarefas concretizadas, avança-se para a fase do Desenvolvimento Conceptual, onde se irão tomar as decisões mais importantes para o projeto, recorrendo a reuniões com os vários departamentos envolvidos, desde o grupo de Engenharia, o grupo de Produção e, se for esse o caso, com o grupo de *Marketing* e outras áreas de interesse. Com o Projeto todo definido, é necessário passar à fase seguinte, que consiste em obter o maior número de soluções para cada função, recorrendo a esquemas ilustrativos. Estes esquemas serão, depois, trabalhos com o maior detalhe possível, e nos casos, de haver mais do que uma solução, estas serão todas avaliadas e será tomada uma decisão final. O produto final será então constituído por uma série de desenhos obtidos da solução adotada. É antes, durante e após esta última etapa que se encontra o ponto-chave para um bom desenvolvimento de um projeto, visto ser importante uma boa comunicação entre a equipa de trabalho na avaliação das ideias concetuais obtidas. Esta comunicação surge no esquema como “*Feedback*”, que pode ser descrito como um retorno interativo entre fases. Este ocorre quando na avaliação das ideias se chega à conclusão que estas apresentam alguma falha ou defeito que as impossibilita de corresponderem totalmente às necessidades do problema. De acordo com o grau dessa falha ou defeito, a ideia concetual trabalhada será otimizada ou será abandonada, e recomeça um novo Desenvolvimento Concetual. Quando a solução estiver toda otimizada será realizada a última etapa, onde se concretiza o detalhe da solução, com a decisão de pequenos, mas importantes pormenores, como são o caso dos desenhos de fabrico

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho era numa primeira fase analisar o processo manual existente, para que fosse possível estruturar todo o projeto mecânico associado ao equipamento, onde se irá replicar todo esse processo. Essa estruturação (desde a clarificação de objetivos, atributos, especificações e da estrutura de funções do projeto até ao esboço de diversas sub-soluções) visava, sobretudo, tornar mais fácil o processo de alcançar uma ideia concetual final sobre o equipamento em estudo. Assim o principal objetivo deste trabalho era obter um protótipo virtual 3D, da ideia concetual global, para o equipamento semiautomático industrial.

3. Caso de Estudo

Neste capítulo será abordado todo o projeto concetual realizado para o equipamento estudado, onde se exemplifica a aplicação prática do modelo de French para o projeto. Após o estudo do processo manual existente foi possível definir todas as especificações para o dispositivo, incluindo suas funções e subfunções, como será detalhado de seguida.

3.1 Atributos

Para o desenvolvimento do dispositivo em estudo foram definidos alguns atributos, sendo eles divididos em duas grandes categorias: os Exigidos e os Desejáveis. Os primeiros são todos aqueles que devem ser satisfeitos pelo equipamento, sendo os segundos aqueles que a equipa de projeto e o cliente, se possível, gostariam de ver idealizados. De seguida está exposta, na Tabela1, a listagem de todos esses atributos.

Tabela 1: Lista de atributos do projeto

Atributos Exigidos	Atributos Desejáveis
Apropriado para a colagem nos diferentes tamanhos do componente cilíndrico	
Capacidade para colar Fitas-Cola refletoras com diferente largura	
Capacidade para colar Fitas-Cola refletoras de cores diferentes	
Colar diferente número de Fitas-Cola refletoras em cada corpo cilíndrico	
Capacidade para realizar diferentes distanciamentos entre as Fitas-Cola refletoras	Possibilidade de retirada do corpo cilíndrico do dispositivo de uma forma autónoma.
Capacidade para realizar diferentes processos ao mesmo tempo	
Transportar corpo cilíndrico pelas diferentes fases do processo	
Cortar a Fita-Cola refletora pelo seu tamanho	
Capacidade de separar Fita-Cola refletora do seu papel auxiliar	

3.2 Especificações

Em termos de especificações do equipamento, estas podem ser analisadas na Tabela 2.

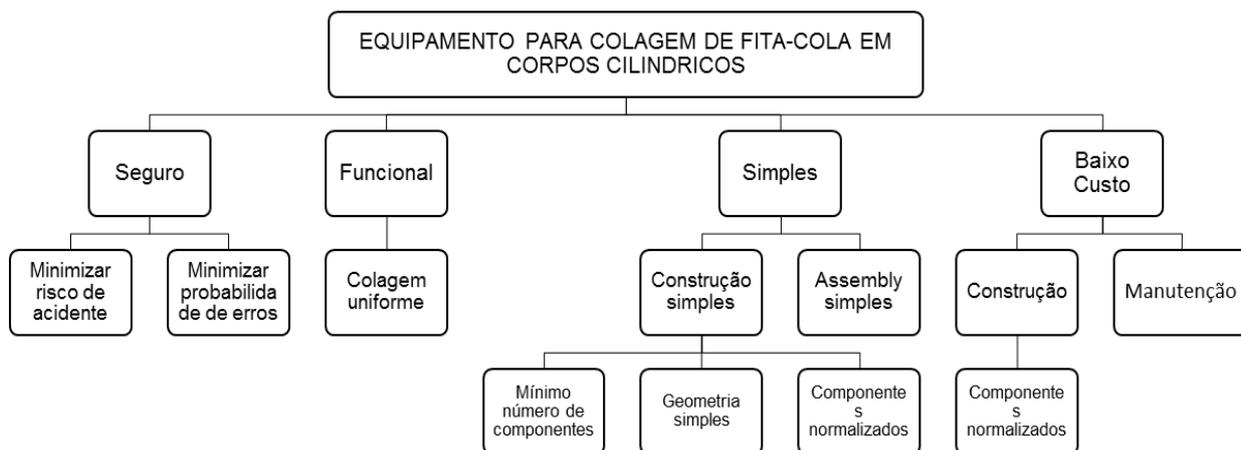
Tabela 2: Lista de especificações

Especificações	
Corpo cilíndrico	<p>Diâmetro do tubo: 80 e 128 mm Diâmetro da base: 96 e 141 mm Comprimentos: 450, 650, 800 e 1000 mm Peso: Min.= 0,825 kgf Max.= 6,3 kgf Tipo/ forma de fixação do corpo cilíndrico Tipo/forma de transporte do corpo cilíndrico ao longo do processo Largura: 50 e 100 mm Comprimento: 270 mm Espaçamento: 50 e 130 mm Cor: Amarela e branca</p>
Fita-cola	<p>Número de exemplares: entre 1 e 9 Forma de separar Fita-Cola Refletora Forma de Corte da Fita-Cola Refletora Tipo/Forma de Colagem da Fita-Cola Refletora</p>
Bobinas das Fitas	<p>Diâmetro exterior: 201 mm Diâmetro interior: 77 mm Peso: Min.= 1,137 kgf Máx.= 2,244 kgf Número de Fitas em cada Bobina: 169</p>
Cadência de produção anual	≥ 50000 unidades

3.3 Árvore de objetivos

Com suporte no estudo do processo atual, bem como com a definição dos atributos e especificações, foi possível construir uma árvore de objetivos para este projeto, que pode ser analisada na Figura 2.

Figura 2: Árvore de objetivos do projeto



3.4 Caixa Negra

Para uma melhor compreensão do projeto em estudo, realizou-se uma “caixa negra” do mesmo, Figura 3, onde se expõe as necessidades de entrada para obter o produto final (saídas).

Figura 3: Caixa negra do projeto

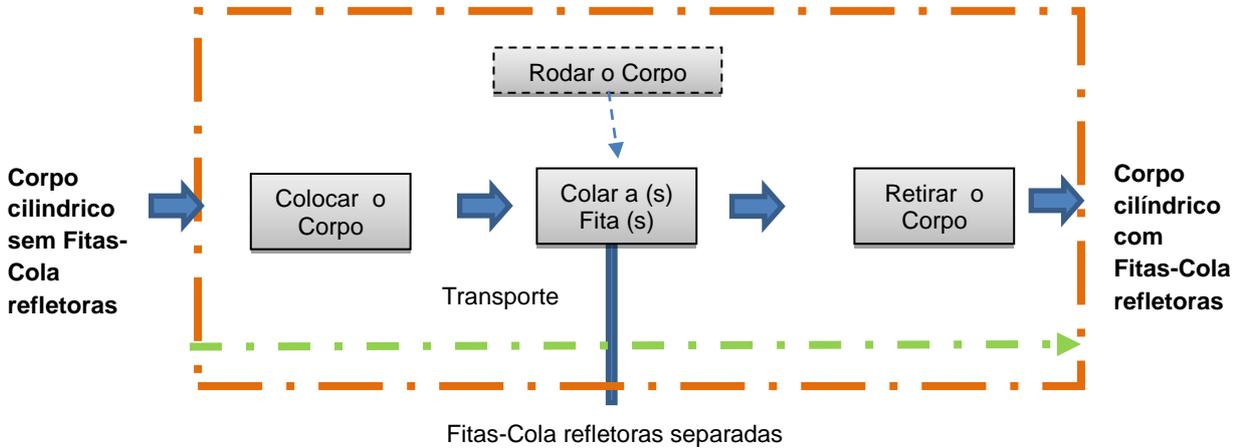


O esquema da caixa negra do projeto resume aquilo em que este consiste, ou seja, através da junção do Corpo cilíndrico, sem Fita-Cola refletora, com a Fita-Cola refletora separada (o termo separada significa que o papel auxiliar já foi descolado da Fita) obtém-se o produto final desejado, ou seja, um corpo cilíndrico com as Fitas-Colas refletoras acopladas neste.

3.5 Estrutura de Funções

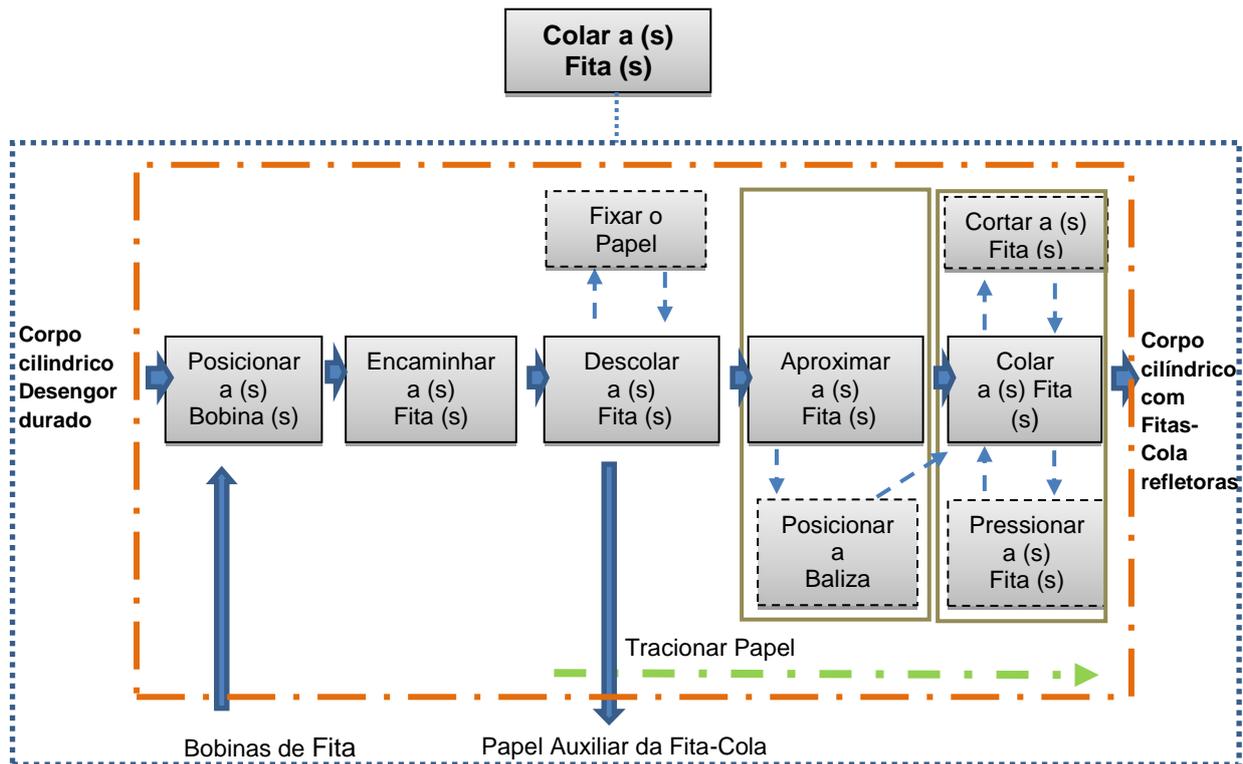
As funções principais deste projeto encontram-se interligadas no esquema da Figura 4.

Figura 4: Estrutura de funções do projeto



A função de “Colar a(s) Fita(s)” tem inúmeras subfunções associadas a si, e que se encontram explicitas no esquema da Figura 5.

Figura 5: Estrutura de subfunções da função “Colar a(s) Fita(s)”



Legenda:

- Limite de desenvolvimento: -.-.-
- Função: □
- Função auxiliar: □ (tracejado)

3.6 Mapa morfológico para as funcionalidades do equipamento

Com toda a definição do projeto estabelecida, o passo seguinte passou por encontrar diversas soluções para as diversas funções e subfunções. Através de reuniões, tipo

brainstorming, foram alcançadas inúmeras soluções por parte da equipa de projeto. Estas foram submetidas a uma avaliação final, tendo por base a árvore de objetivos do projeto, onde a cada objetivo foi atribuído um peso numérico. A cada solução foi atribuída uma pontuação numérica de acordo com o seu desempenho. Assim, nesta avaliação final considera-se a multiplicação da pontuação numérica pelo peso de cada objetivo, e seleciona-se a solução que apresenta o valor maior da soma total. Um desses exemplos encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3: Exemplo de tabela de análise de valor realizada

Subfunção	Solução	Objetivos				Total
		Seguro	Funcional	Simples	Baixo custo	
Transporte	Rolos Rolantes	3	1	2	2	8
	Tapetes Rolantes	3	1	2	2	8
	Correntes	3	3	2	2	10
	Transportadoras	3	3	2	2	10

3.7 Projeto de detalhe

Com todo o projeto concetual concluído passou-se à fase de detalhe, onde de acordo com as várias sub-soluções selecionadas foram trabalhadas todas estas do ponto de vista técnico. Esta fase caracterizou-se por diversas tarefas de cálculos (de forças e binários), de dimensionamentos e de seleção dos diversos elementos mecânicos (veios, uniões de veios, polias, correias, correntes...), elementos elétricos (motores de passo) e elementos electropneumáticos (cilindros e garras pneumáticas).

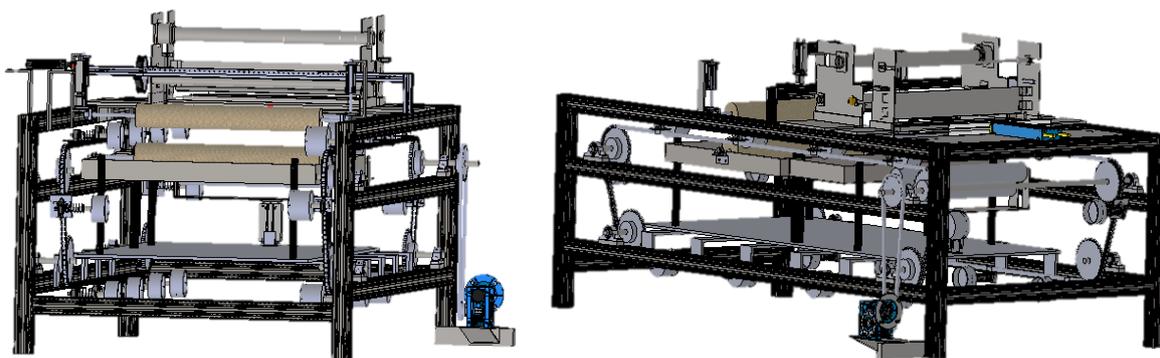
Dada a complexidade do projeto, o detalhe foi dividido em secções de trabalho da máquina, sendo tratada uma de cada vez.

Para alcançar um protótipo virtual do equipamento estudado, foi utilizado o *software* Solidworks (Planchard and Planchard 2011, Planchard and Planchard 2012, Planchard 2014).

4. Resultados e conclusões

Com todo o trabalho realizado, que atrás foi explicado, foi possível alcançar o objetivo principal deste projeto que era a construção de um modelo virtual 3D de uma ideia concetual para o equipamento semiautomático. Esse modelo virtual está exposto na Figura 6.

Figura 6: Duas perspetivas do modelo 3D virtual alcançado



Assim este protótipo virtual apresenta todas as ideias selecionadas para cada função e subfunção do equipamento. Estas ideias necessitam de serem validadas na prática, de modo a verificar se o seu funcionamento corresponde ao pretendido. Dado o elevado grau de complexidade e associado a este projeto, devido sobretudo à aleatoriedade do comportamento do corpo cilíndrico flexível e da fita-cola, estes testes, com recurso a um protótipo físico, são de um carácter obrigatório para que esta ideia concetual seja validada na sua totalidade.

Devido ao imenso número de funções da máquina, é preferível que sejam construídos diferentes pequenos protótipos físicos para que seja mais prático testar as diversas zonas críticas de funcionamento.

Assim, torna-se claro que antes de se entrar na última fase do projeto mecânico (a fase de detalhe) é necessário um trabalho de testes práticos onde sejam verificadas todas as limitações desta ideia, e caso esta corresponda na totalidade ao esperado, será dada permissão para que se possa passar para a próxima fase. Caso contrário, será reformulada a (s) ideia (s) que apresente (m) alguma limitação em termos de funcionalidade.

5. Referências

- Cross, N. (2008). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, John Wiley, Chichester, 4th Edition.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H. (2001). *Engineering Design: A Systematic Approach*, 2nd Edition, Springer, London.
- Pugh, S. (1997). *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*", Addison-Wesley, Wokingham.
- Planchar, D.C., Planchar, M.P. (2011) *Engineering Design with SolidWorks 2011 and Multimedia CD Perfect Paperback*, SDC Publications.
- Planchar, D.C., Planchar, M.P. (2012). *Engineering Graphics with SolidWorks 2012 and Video Instruction CD*, SDC Publications.
- Planchar, D.C. (2014). *SolidWorks 2014 Tutorial with Video Instruction*, SDC Publications.
- Shigley, J.E., Mischke, C.R., Budynas, R.G. (2003). *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill, 7nd Edition.