MEMORIAL DE PROJETO
TÍTULO DO PROJETO

EQUIPE

ALUNOS

ON

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Memorial Descritivo

1.1 Introdução	4
1.2 Escopo do Projeto.....	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Especificações Técnicas	4
1.5 Dados do Projeto	5
1.6 Croqui	5
1.7 Descrição detalhada do funcionamento	6
1.8 Descrição geral da fabricação e montagem.....	7
1.9 Descrição geral da operação e manutenção.....	7
1.10 Procedimentos de descarte.....	7
1.11 Comentários sobre custos	7

CAPÍTULO II– Memorial de Cálculo

2.1 Cálculos de verificação e dimensionamento do Subconjunto 1	9
2.2 Cálculos de verificação e dimensionamento do Subconjunto 2	9
.....	
.....	
2.3 Referências bibliográficas	11

ANEXOS	12
--------------	----

Croqui

Desenhos de Conjunto e Sub-Conjuntos

Desenhos de Peças (ou de Detalhes)

Esquemas

Planilhas de cálculo etc.

Apresentação

Este documento é a Norma para a elaboração do “Memorial de Projeto” da disciplina SEM0407 – Introdução ao Projeto e a Manufatura e tem como objetivo uniformizar a apresentação do Memorial de Projeto. Ele é dividido em Memorial Descritivo e Memorial de Cálculo.

O Memorial Descritivo é importante para Vendas e para o Cliente, pois nele constam todas as descrições, especificações técnicas, limitações, aplicações típicas, público alvo do projeto etc. Essa parte é um tanto afeita à Engenharia de Produção, mas todos sabemos que esta é importante e que não se deve sair calculando e desenhando sem antes fazer certos procedimentos.

Entende-se que do Memorial de Cálculo devem constar todas as informações relativas ao desenvolvimento do Projeto. A apresentação dessa parte deve ser muito bem detalhada, pois quaisquer dúvidas posteriores sobre o projeto – responsabilidade jurídica, por exemplo – serão resolvidas tomando por base o Memorial de Cálculo.

A inovação, a inventividade e a criatividade são muito importantes em Projeto. Entretanto, a padronização e a normatização também o são, e não devem ser entendidas como coercitivas. A presente padronização tem de servir aos variados temas dos Projetos dessa disciplina, o que às vezes não é fácil. Entretanto pede-se não modificar nem a ideia, nem a forma, nem a ordem de apresentação. Fazer as adaptações necessárias.

O ensino de projeto é uma tarefa árdua para o Professor. Ele envolve um paradoxo do tipo “quem surgiu primeiro: o ovo ou a galinha?”, o qual é mais ou menos assim: “para fazer um projeto é preciso de antemão saber projeto”. Frequentemente o aluno sente que está sendo solicitado a desenvolver algo que ainda não aprendeu. Não desanime, faça o possível, e siga em frente porque a ousadia ajuizada é salutar.

A livre escolha pelo aluno do tema de projeto quer seja a partir de uma lista fornecida pelo Professor, quer seja de sua própria ideia, acrescenta ainda mais alguns pontos de reflexão. Precisa-se então, antes de tudo, o seguinte entendimento: decisões simplificadoras terão provavelmente de ser feitas, e então compreensão e humildade têm de ser usadas. Por exemplo: o(s) professor(es) da disciplina não são especialistas em todos os ramos da Engenharia; assim também o tempo para desenvolver o projeto é limitado etc. Como resultado, eventualmente alguns tópicos de cálculo ou de desenho terão de ser deixados de lado – talvez para serem retomados por outro aluno no próximo ano. O importante é não perder o foco oferecido pela visão global do desenvolvimento do projeto, mas por outro lado também aproveitar toda e qualquer chance de calcular e desenhar tudo aquilo que puder ser projetado.

Normas de apresentação do Memorial

- a) O Memorial de Projeto deve ser feito segundo a presente padronização e usando as folhas A4 com quadros como neste texto.
- b) Usar exclusivamente espaçamento 1,5; fonte Arial 12 no texto normal; Arial 14 em negrito nos títulos e Arial 16 negrito nos títulos dos Capítulos.
- c) No Memorial definitivo, esta é a página número 3 e deve conter o começo do Memorial Descritivo. As anteriores são respectivamente a folha de rosto (sem numeração de página) e o Sumário (com numeração). As páginas seguintes serão o restante do Memorial, com numeração normal, centralizada, no rodapé.
- d) Os desenhos são inclusos como anexos.
- e) Na data de entrega do Projeto, os seguintes documentos serão entregues ao Professor:
 - e1) Memorial de Projeto impresso;
 - e2) Todos os desenhos impressos;
 - e3) CD contendo os arquivos: Memorial, desenhos, outros se houver.

CAPÍTULO I - Memorial Descritivo

1.1. Introdução

O primeiro item do Memorial Descritivo deve ser a **Introdução** no qual deve ser comentada a motivação geral para a realização do Projeto e demais observações de ordem geral. Por exemplo: “Os portões de garagem de prédios acionados por motores elétricos são fonte constante de problemas de manutenção. Aqui se pretende projetar um portão de garagem acionado hidráulicamente pela pressão da caixa d’água, etc.. Na cidade de São Carlos existem cerca de X destes portões e por volta de Y apresentam problemas mensais etc.. Com estes números podemos prever que o presente Projeto poderia gerar um valor agregado de R\$Z.000,00 por ano para atender etc.”

1.2. Escopo

A seguir comenta-se o escopo, isto é, a limitação do campo de aplicação. Dificilmente um Projeto resolve todas as necessidades da aplicação específica e então é necessário delimitar sua aplicação, ou seja, definir claramente o seu escopo. Por exemplo: “Será projetado um conjunto intercambiável de cadeiras de baixo custo, reclináveis, para ser usado em locais de uso público tais como Rodoviárias, Correios, Bancos etc.” Ou ainda, “A adega portátil destina-se ao público classe A etc...”. Muito frequentemente esse item, assim como alguns itens subsequentes, não tem muito sentido para determinadas classes de projeto. Nesses casos, preencher os itens com N.S.A. (“não se aplica”).

1.3. Objetivos

Aqui são listados os objetivos a serem alcançados com o Projeto. Depois de pronto o Projeto, uma das principais ferramentas para se julgar se ele ficou bom é avaliar se estes objetivos foram cumpridos a contento. Exemplo de Objetivos: “1) Baixar pelo menos à metade o custo do controle do mecanismo da lavadora de roupas; 2) verificar a viabilidade de se trocar o controle eletromecânico por circuito digital etc.”

1.4. Especificações Técnicas

As especificações técnicas (Esp.Tec.) são tremendamente importantes tanto para que o Projeto seja preciso, como também para que seja correto o uso; a garantia; a operação; a manutenção do produto; a eliminação ou descarte etc. É óbvio que cada Projeto tem um conjunto de Esp.Tec. típicas, mas aqui vão alguns exemplos (não tente usar todos os

itens abaixo, mas selecione os itens adequados e junte outros que formem o subconjunto que descreve completamente o produto sendo projetado) :

- Tamanho
- Peso
- Potência
- Capacidade
- Tipo de acionamento
- Tipo de controle
- Frequência de uso
- Público alvo
- Custo típico de venda
- Material usado na construção
- Necessidade de fonte de energia
- Necessidade de suprimentos

É importante notar que algumas das Esp.Tec. podem ser tanto um dado de entrada do Projeto como o resultado de Cálculo de Dimensionamento posterior.

1.5. Dados do Projeto

Em Projetos mais simples, este item poderá eventualmente coincidir totalmente com o anterior. Neste caso, preencher este item com N.S.A (“não se aplica”). Mas geralmente os dados a serem usados em cada Projeto são muito específicos e particulares a cada um deles e diferentes das Esp.Tec. A ideia aqui é que as Esp.Tec. irão constar do Manual do Produto e são dados mais gerais, mais leigos, enquanto que “Dados de Projeto” interessam diretamente ao Projetista e à empresa fabricante. Por exemplo: As Esp.Tec. indicam “acionamento por motor elétrico”, enquanto o Projetista usará no subconjunto de acionamento um motor elétrico e mais redutor de velocidade de 3 eixos, o que nem consta das Esp.Tec.

1.6. Croqui do Conjunto

A seguir deve vir o croqui do Conjunto. O croqui deve ser:

- um esquema com padrão de desenho mecânico;
- feito a mão (sem computador);
- usando lápis;
- em 2D;
- em corte;

- sem escala (mas com proporções entre as partes razoavelmente corretas);
- com algumas das cotas principais;
- Preferencialmente, em formato A4.

O croqui deve ser focado como um “rascunho da ideia geral do Projeto” para discussões preliminares e refere-se normalmente ao desenho de conjunto. Se necessário poderão ser feitos, além do conjunto principal, croquis de subsistemas ou subconjuntos importantes.

Com o enfoque acima, o croqui tem dois objetivos principais:

- a) dar uma visão da distribuição espacial do Projeto;
- b) permitir uma descrição do funcionamento global do mesmo.

O grau de detalhe do croqui é muito baixo, o detalhamento só acontecerá no desenho definitivo. Assim sendo, por exemplo, não se desenhavam no croqui as partes dos rolamentos (esferas, gaiola, etc.), mas somente retângulos representando uma estimativa da largura e dos diâmetros externo e interno. Assim também os eixos são simples retângulos no croqui, e não contêm escalonamentos, raios de concordância, chanfros, canais de anéis elásticos, etc. Também as engrenagens serão esquemáticas, sendo um retângulo com estimativas da largura e dos diâmetros externos e primitivos. Este é um procedimento geral, para sistemas de pequeno ou médio grau de complexidade e de número de peças.

Se, ao contrário, estamos fazendo o croqui de um sistema bem maior (não necessariamente maior em tamanho, mas com maior complexidade, com mais peças e subconjuntos inter-relacionados), o foco é algo bem mais amplo, como por exemplo no caso de um sistema de descarregamento de vagões de minérios. Neste caso, nem os eixos, nem os rolamentos, nem as engrenagens do redutor serão desenhados, mas apenas um retângulo indicado como “redutor de velocidade”.

1.7. Descrição detalhada do funcionamento

De posse do croqui, faz-se a descrição do funcionamento geral do conjunto e seus subconjuntos, se houver. Ao fazer a descrição por escrito, verifica-se se as Esp.Tec. estão sendo cumpridas e se os objetivos do Projeto poderão ser atingidos. Desta forma, muitos erros e omissões são descobertos e corrigidos. Isto é, só começamos a calcular e desenhar algo depois que julgamos que “vai funcionar”.

Para facilitar a tarefa de descrever o funcionamento devemos primeiramente determinar quais as “funcionalidades” que o Produto terá de ter. Por exemplo, no caso do Projeto de um trenzinho para transporte de visitantes numa grande feira ou exposição, o objetivo é transportar passageiros, mas as funcionalidades do Projeto seriam:

- partir do repouso com carga;
- acelerar até velocidade de regime;
- proporcionar mudança de direção (steering);
- aguentar trancos da pista;
- frear.

Uma vez determinadas as funcionalidades, fica mais fácil descrever o funcionamento e os subsistemas que as desempenham. No caso acima teríamos:

- partir do repouso com carga → variador de velocidades e embreagem.
- acelerar até velocidade de regime → acelerador
- proporcionar mudança de direção (steering) → projeto da pista
- suportar trancos da pista → sistema de suspensão
- frear → sistema de freios

1.8. Descrição geral da fabricação e montagem

É bastante comum descobrir-se que um Projeto que foi perfeitamente idealizado, calculado e desenhado, não pode ser devidamente fabricado e/ou montado. Desta forma, é necessário que seja feita uma análise geral, mesmo sem grandes detalhes, sobre como o conjunto e seus subconjuntos serão fabricados e montados.

1.9. Descrição geral da operação e manutenção do produto

Se o Projeto trata de um tema simples como um redutor de velocidades, esta etapa é tão simples que pode ser feita em duas linhas. Num caso geral porém, é necessário descrever como se opera a máquina, quais as habilidades e cuidados requeridos pelo operador, etc. O mesmo se pode dizer a respeito da manutenção, a qual pode envolver procedimentos que não são óbvios.

1.10. Procedimento de descarte

Em muitos projetos este item não é relevante e deve-se relatar “não se aplica”. Em outros produtos porém é muito importante detalhar-se a maneira adequada de se dispor do produto ou sua partes (pilhas e baterias por exemplo).

1.11. Comentários sobre custos

O tópico de custos é fundamental para o sucesso de um projeto. Entretanto a sua determinação mais precisa é difícil de ser feita pelo aluno, por falta de acesso a dados, especialmente àqueles de fornecedores. Apesar disto, pede-se que este item seja sempre preenchido da melhor maneira possível e abrangendo 3 subitens:

a) custo de fabricação CF

$$CF = CMP + CM + CS + CI$$

CMP = custo da matéria prima = $\sum$ peso material x custo / peso

CM = custo de manufatura = $\sum$ (hora máquina média + salário médio) x tempo manufatura

CS = custo de subsistemas comprados (motores, rolamentos, subsistema hidráulico etc)

CI = custo indireto (administrativo, vendas, suporte, etc.) = estimar em 30% de (CMP + CM)

b) preço de venda PV

estimar o valor de mercado do produto sendo projetado. Notar que

$$\text{Lucro} = PV - (CF + \text{impostos})$$

c) custo de operação e de manutenção

esse subitem é muito observado pelo cliente na hora da compra. Estime-o da melhor maneira possível e faça seu projeto proporcionando que este custo seja baixo.

CAPÍTULO II - Memorial de Cálculo

2.1. Cálculos de verificação e dimensionamento do Subconjunto 1

Devem constar deste item todas as informações pertinentes ao desenvolvimento do Projeto do Subconjunto , tais como nos itens a seguir. Novamente, não tente usar todos os itens abaixo, mas selecione os itens adequados ao seu Projeto e, eventualmente, junte outros que não foram citados, de tal modo que todos os aspectos do desenvolvimento do produto estejam cobertos.

- descrição sucinta da fase de pesquisa sobre Projetos similares : consulta a livros; revistas; manuais; catálogos; sites etc.;
- configurações alternativas – descrições; comparações e decisões tomadas;
- discussões relativas a comportamento de desgaste e lubrificação (tribologia);
- discussões relativas a corrosão;
- escolhas de material;
- critério de Projeto (por ex.: por tensão admissível, por flecha admissível etc.);
- desenhos auxiliares do projeto (devem constar do corpo do Memorial de Cálculo). Não esquecer que os cálculos de verificação e de dimensionamento de uma peça ou componente somente são feitos depois que existir um desenho auxiliar da mesma peça. Um exemplo clássico disto se dá no cálculo de eixos: primeiro se faz um desenho auxiliar do eixo com os escalonamentos, raios de concordância etc. Caso contrário, é impossível determinarem-se as secções críticas e os coeficientes usados nos cálculos de fadiga. Neste desenho auxiliar, várias cotas estão indeterminadas, pois seus valores serão exatamente os resultados dos cálculos. Também alguns detalhes não relevantes ao cálculo podem ser omitidos. Não confundir este desenho auxiliar com o desenho final da peça, o qual deve conter todos os detalhes (e por isso é chamado desenho de detalhe) e que deve constar dos Anexos;
- diagramas de cinematismo : deslocamentos, velocidades, acelerações;
- determinação de pesos próprios e centros de gravidade;
- diagramas de esforços atuantes : forças, momentos, pressões específicas;
- cálculos de dimensionamento estático – fórmulas e resultados;
- cálculos de dimensionamento a fadiga– fórmulas e resultados (quando requerido);

- cálculos de dimensionamento a impactos – fórmulas e resultados (se requerido);
- deduções (se houver);
- imagem da planilha de cálculo (se houver). O arquivo da planilha deve ser entregue
- tabelas, diagramas e figuras auxiliares;
- modelos e resultados de análises com Elementos Finitos (se houver);
- determinação de valores admissíveis (por ex.: tensão admissível)
- comparação com valor de trabalho (por ex.: tensão de trabalho)
- discussão de resultados etc.

2.2. Cálculos de verificação e dimensionamento do Subconjunto 2

Repetir a sequência para o Subconjunto 2 e assim sucessivamente até o final.

2.3. Referências bibliográficas

Como já mencionado, o Memorial de Projeto (e o Memorial de Cálculo em particular) tem implicações com a responsabilidade legal do Projeto. Por isso:

- todas as fórmulas, textos, dados, tabelas etc. sem referência bibliográfica são consideradas de autoria do Projetista;
- como consequência, todas as fórmulas, textos, dados, tabelas etc. que não são de autoria do Projetista têm de ter a respectiva referência bibliográfica;
- todos os procedimentos cobertos por Norma Técnica ABNT (ou outra) têm de estar explicitamente indicados com os respectivos números da norma.
- não se esquecer de citar os sítios (*sites*) visitados durante a fase de pesquisa sobre o Projeto.

ANEXOS

Normas de apresentação de Desenhos

Os desenhos devem seguir os seguintes pontos:

- a) o croqui, como já comentado, deve ser um esquema de padrão desenho mecânico, feito à mão, com lápis, sem escala, com as cotas, formato A4.
- b) os demais desenhos devem ser feitos **necessariamente em CAD com o software SolidEdge versão Universitária, do qual a USP possui licenças.**
- c) os desenhos de um projeto são (todos em 2D):
 - de conjunto;
 - de subconjunto(s) (se houver) ;
 - e desenho das peças (detalhamento) .
- d) os desenhos de conjunto e de subconjunto possuem apenas cotas de algumas das dimensões principais.
- e) o desenho das peças é entendido como desenho final, pronto para produção, portanto incluindo todas as cotas, tolerâncias, acabamentos e rugosidade superficial, anotações sobre materiais, processos e tratamentos térmicos.
- f) o desenho 3D de conjunto final é opcional.
- g) formatos de folhas e padrões de desenho segundo normas ABNT.
- h) Escala :
 - e1) desenho de conjunto.
 - e2) desenhos de subconjunto / detalhe - escala normalizada compatível com folha A3 ou A4
- f) Fazer o desenho com Layer de cor preta (standard color). Os contornos devem ser mais espessos que as demais linhas. Não use cor cheia, apenas hachuras, com exceção de símbolo de soldas.
- f) Os desenhos devem ser impressos.

Demais componentes do Anexo

Além dos desenhos de conjunto, de subconjuntos e das peças, devem constar do Anexo todo material relativo ao Memorial de Cálculo que não consta do corpo, tais como:

- Esquemas
- Ábacos