

## **EMPREGO DO MR-PDMA NA SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE MÁQUINAS ESPECIAIS: EXEMPLO DE APLICAÇÃO NO PROJETO POR EVOLUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE ESCOVAÇÃO DENTÁRIA**

Cristiano José Scheuer, [cristiano\\_scheuer@hotmail.com](mailto:cristiano_scheuer@hotmail.com)<sup>1</sup>

Leonardo Nabaes Romano, [romano@smail.ufsm.br](mailto:romano@smail.ufsm.br)<sup>2</sup>

Gibrán Portolan dos Santos, [gibransps@gmail.com](mailto:gibransps@gmail.com)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico, Bairro Jardim das Américas Caixa postal 19011, CEP 81531-980 - Curitiba, PR

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica. Campus Universitário - Prédio 07, Bairro Camobi, CEP 97105-900 - Santa Maria, RS

**Resumo:** Em virtude da crescente competitividade presente no mercado global atual, as empresas têm atribuído fundamental importância ao processo de projeto de seus produtos. A fase de projeto gera vantagens competitivas para as empresas, desde que essa tarefa seja executada de modo sistemático e regular, o que requer, além de competência técnica, processos de gerenciamento de projeto extremamente eficazes. O processo de projeto de máquinas especiais (PPME) é caracterizado pelo tratamento de um elevado número de informações inicialmente abstratas (características do produto, especificações, etc.), que se tornam mais concretas à medida que o projeto aproxima-se de sua fase final. A complexidade com que isso ocorre, exige a prática de um processo de projeto de modo sistematizado, que possibilite o registro das decisões tomadas ao longo de suas diversas etapas. Tal prática é alcançada através da utilização de um adequado sistema para o processo de projetos, evitando falhas que possam ocorrer durante sua execução. Embora seja um segmento da indústria que têm apresentado um potencial crescimento, o setor de máquinas especiais ainda não adota, na grande maioria dos casos, um método de desenvolvimento para seus produtos. A não utilização desses métodos, têm sido uma limitante ao seu crescimento e ao desenvolvimento de produtos com qualidade, baixo custo, e dentro de prazos pré-estabelecidos. Essa cultura de utilização de conhecimentos empíricos para o desenvolvimento de máquinas especiais, dá-se em virtude da não existência de uma metodologia adequada que norteie a execução das atividades de projeto. No entanto, em contraposição a quase inexistência de métodos privativos de desenvolvimento para esses produtos especiais, o que se tem observado é a adequação de analogias aos modelos de referência, elaborados para o desenvolvimento de outros produtos, na atividade de projeto de máquinas especiais. Assim, o que ocorre é a fusão de diversas metodologias adotadas de acordo com as necessidades do projetista. Neste contexto, esse trabalho apresenta a utilização do MR-PDMA (Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas), na sistematização do processo de projeto por evolução de um Equipamento para Ensaio de Escovação Dentária (EEED). Isso foi feito através da aplicação da macrofase de Projetação, do referido modelo, no processo de desenvolvimento do redesenho do equipamento. A utilização do MR-PDMA para a realização do reprojeto do EEED contribuiu significativamente para o desenvolvimento do mesmo, orientando e guiando os executores do trabalho, no tocante à tomada de decisões e na seqüência de atividades a serem executadas, permitindo a execução do trabalho dentro do prazo pré-estabelecido e obtendo um equipamento que atende as necessidades de funcionamento requeridas pelos usuários.

**Palavras-chave:** Metodologia de Projeto, Projeto de Máquinas Especiais, MR-PDMA

### **1. INTRODUÇÃO**

Face à crescente competitividade industrial resultante da globalização, o processo de projeto de produto tem apresentado, nos últimos anos, uma importância fundamental nas empresas, fazendo parte da interface entre a empresa e o mercado. Diante desse cenário, as empresas que realizavam seu processo de projeto de maneira informal, baseado no conhecimento empírico e desenvolvendo esse de forma não planejada, começaram a incorporar melhorias na prática do processo, utilizando metodologias de gestão de projetos, buscando inovações para os seus processos, fazendo uso de novos conceitos, métodos e tecnologias, ou melhorando os existentes.

Com o intuito de colaborar para essa incorporação de melhorias, muitos trabalhos vêm sendo produzidos acerca do processo de projeto e de desenvolvimento de produtos (Hoffmeister, 2003; Araújo et al., 2001; Fischer, 2002; Romano, F. V., 2003; Romano, L. N., 2003). Estes e outros trabalhos envolvem desde a análise de processos atualmente praticados na indústria até a construção de modelos de referência, que podem ser usados tanto na formação de estudantes e/ou na atualização de profissionais, quanto na melhoria do processo de projeto de produto (Romano L. N., 2003).

Em contraposição aos inúmeros modelos de referência (MR), existentes na literatura especializada, criados para auxiliar no processo de projeto nos variados segmentos industriais, o segmento de máquinas especiais (ME) ainda não dispõe de uma metodologia de desenvolvimento própria para os seus produtos, sendo essa a principal razão da “informalidade”, na atividade de projeto, observada nesse ramo. A utilização de conhecimentos empíricos na atividade de projeto de ME provoca, na grande maioria dos casos, inconsistência no processo de projeto, resultando em atraso na execução das atividades, produtos de má qualidade, custo elevado, entre outros.

No entanto, em face à inexistência de um modelo de referência que auxilie na execução do projeto de ME, o que tem ocorrido é a utilização de várias metodologias de projeto, adotadas de acordo com as necessidades da equipe de projeto. Dessa forma, ocorre a fusão de diversas metodologias utilizadas de acordo com as necessidades do projetista.

Neste contexto, o presente artigo aborda a aplicação de um modelo de referência elaborado para o processo de projeto de máquinas agrícolas, na atividade de projeto de máquinas especiais, mais especificamente no que se refere a modelagem do processo de projeto. Assim, se tem como objetivo destacar a importância da utilização de uma metodologia na elaboração do projeto de uma ME, de forma que essa norteie a execução das atividades.

A partir da caracterização do setor de máquinas especiais, apresenta-se a justificativa para a realização do estudo, uma vez que é sabido, conforme relatado por Ditz (2008), que as empresas do setor não utilizam procedimentos sistemáticos para a atividade de projeto, apesar do grande número de variáveis de projeto envolvidas, sejam em termos de tempo de desenvolvimento, custo do produto, desempenho (qualidade) do produto e custo do processo de desenvolvimento, Romano, L. N. (2003).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE MÁQUINAS ESPECIAIS

De acordo com Ditz (2008), o segmento da indústria de máquinas especiais está voltado para a fabricação de máquinas que venham a suprir as necessidades específicas de um público que necessita de equipamentos diferenciados aos que se encontra no mercado. Para tanto, as empresas desse setor desenvolvem um trabalho diferenciado buscando ouvir as necessidades exatas dos clientes de maneira a receber o maior número de informações sobre os produtos que devem ser desenvolvidos, bem como as condições de funcionamento que devem apresentar. A autora afirma, também, que o setor de máquinas especiais no Brasil exerce grande importância econômica, uma vez que, pode atender as necessidades específicas de qualquer ramo da indústria. Considerando que, esse campo de atividades, caracteriza-se por uma estrutura que não se especializa em um conjunto definido de produtos, mas sim, em produtos que apresentam um caráter único de acordo com as necessidades explicitadas pelos clientes.

Dentro desse contexto a Figura 1 representada a seguir, estabelece passo a passo as etapas do desenvolvimento de um produto em série, onde o balão representa as atividades do processo de desenvolvimento de um produto único (caso das máquinas especiais).

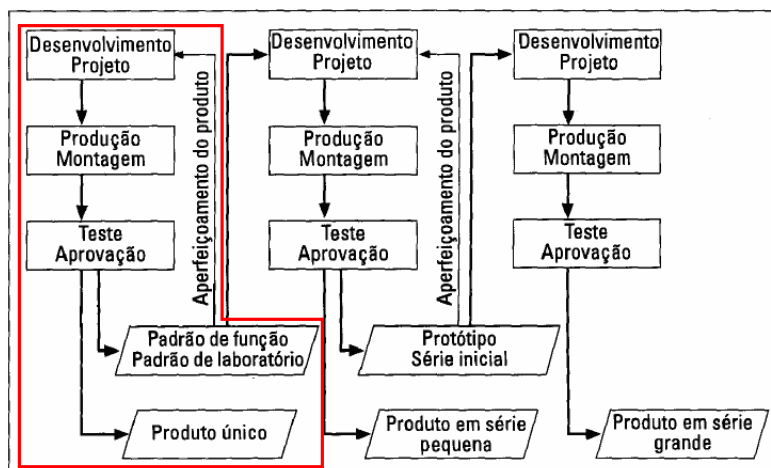


Figura 1 – Desenvolvimento passo a passo de um produto em série. Fonte: Pahl et al. (2005)

Embora o segmento de máquinas especiais constitua uma seção da indústria que tem apresentado potencial crescimento nas últimas décadas, observa-se que esse setor não utiliza, na maioria dos casos, um método de desenvolvimento para seus projetos. Isso ocorre em virtude de não haverem métodos privativos para o processo de

projeto de ME's. A não sistematização do processo de projeto tem limitado o crescimento dessas empresas, e o desenvolvimento de produtos com qualidade, baixo custo, e dentro de prazos pré-estabelecidos.

Considerando o exposto e, tendo em vista que, face à carência de um modelo de referência próprio, o que tem ocorrido é a adaptação de métodos de desenvolvimento de projeto criados para um produto específico, na atividade de projeto de equipamentos especiais, é notória a necessidade de que sejam realizados estudos que venham a contemplar a utilização de MR's específicos como ferramenta de auxílio à projeção das ME's.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

A tarefa de projetar produtos não pode ser mais baseada na intuição, dependente apenas de ensaio, erros ou de empirismo; deve estar fundamentada, isto sim, na aplicação de métodos sistemáticos, com sólido embasamento científico, para ter asseguradas mais possibilidades de sucesso, conforme colocado por Fiod apud Brasil, 1997.

#### 3.1. Processo de Desenvolvimento de Produto

Segundo Meredith e Mantel Jr. apud Ditz (2008), pode-se definir o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), como uma atividade única realizada através de uma série de tarefas visando obter um conjunto de resultados. Os autores afirmam, também, que os PDP's bem sucedidos são aqueles cujos resultados são produtos de alta qualidade, baixo custo e que utilizam com eficiência, tanto o tempo, como os recursos disponíveis.

Hoffmeister (2003) afirma que o processo de projeto, num todo, compartilha em maior ou menor grau de elementos que o caracterizam e são responsáveis pelos seus resultados, tais como: objetivos, nível de complexidade, grau de incerteza, natureza temporária, unicidade, etc. Tzortzopoulos (1999), afirma que a complexidade do processo de projeto se dá em virtude de questões relacionadas à troca de informações e ao planejamento do projeto que, por vezes, é desenvolvido de forma inadequada. Também, o autor afirma que a natureza fragmentada da comunicação – consequência da natureza fragmentada da indústria num todo – contribuem com sua complexidade, uma vez que, durante o processo de projeto se faz necessária a troca intensa de informações entre as equipes de desenvolvimento.

Valeriano (1998) versa que o projeto consiste em um processo que, tendo início e fim, deve atingir um objetivo num determinado prazo, passando por algumas fases que o constitui o que, costumeiramente, chama-se de ciclo de vida do projeto (Figura 2). O autor diz ainda, que existem diferentes versões para esse ciclo, algumas contendo poucas fases e outras contendo mais de uma dezena delas.

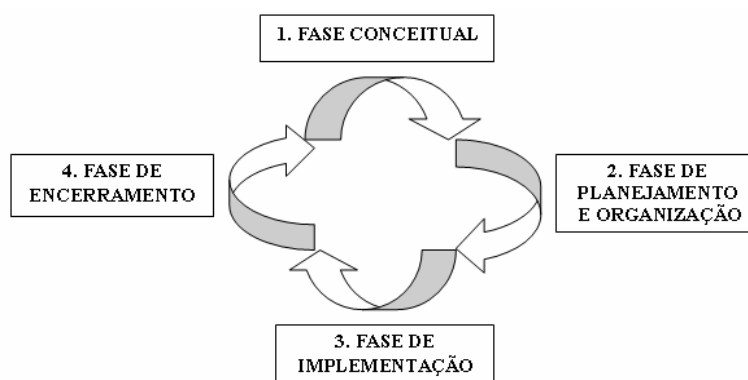


Figura 2 – Ciclo de vida genérico de um projeto. Fonte: Valeriano (1998)

Segundo Scholz (2007), para dar origem a um produto, a engenharia transforma as informações técnicas e requisitos de clientes em informações para a fabricação e construção do produto. Neste processo identificar quais são os requisitos e qual a sua influência na construção do modelo resulta em um menor tempo de desenvolvimento, aumento da qualidade e redução de custo dos produtos durante seu ciclo de vida.

O desenvolvimento de projeto de produto, de acordo com Medeiros (1981), consiste na transformação de idéias e informações em representações bi ou tridimensionais, onde a transformação ocorre entre um estágio inicial de busca de informações, assimilação, análise e síntese; e um estágio conclusivo, no qual, as decisões tomadas são organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação dos dados.

Segundo Pahl *et al.* (2005), existem três definições diferentes para o termo projetar: 1) do ponto de vista da psicologia do trabalho, é uma atividade intelectual, criativa, que requer uma base segura de conhecimentos em várias áreas, e experiências no campo a ser trabalhado; 2) do ponto de vista metodológico, é um processo de otimização com objetivos predeterminados e condicionantes em parte conflitantes; 3) do ponto de vista organizacional, o projeto participa de forma significativa do ciclo de vida de um produto, iniciando com uma demanda e findando com a reciclagem ou descarte do produto.

Em vista do exposto, o processo de projeto pode ser definido como uma atividade intelectual, que envolve conhecimentos multidisciplinares, realizada através de uma série de tarefas – ciclo de vida do projeto – visando obter

resultados em um determinado prazo, com objetivos pré-determinados e condicionantes algumas vezes conflitantes. Reúne informações técnicas e requisitos de clientes transformando-as em representações bi e tridimensionais necessárias à fabricação e montagem do produto, compartilhando de elementos que o caracterizam e são responsáveis pelos seus resultados. Sua complexidade ocorre em virtude do seu planejamento inadequado e pela falta de troca de informações.

Para que o processo de projeto seja desenvolvido de maneira lúcida, é necessária adoção de uma metodologia de atividades, a qual irá orientar, e guiar, a equipe de desenvolvimento no tocante à tomada de decisões e na seqüência de atividades a serem executadas, conforme é relatado nos itens seguintes.

### 3.2. Metodologias para o processo de projeto

Para Hoffmeister (2003) frente à competitividade presente no mercado global atual, o desenvolvimento e lançamento de novos produtos que atendam as necessidades e vontades de seus consumidores, tem sido um fator crucial para a sobrevivência das empresas, que buscam adaptarem-se as tendências verificadas entre os usuários dos seus produtos. Nesta perspectiva, para o autor, aos projetistas é atribuído o ônus pelo sucesso ou fracasso de suas empresas, assim, não é suficiente apenas criar um produto que, para algumas pessoas, seja belo, mas sim, existem muitos outros fatores que deverão ser levados em conta durante a concepção do projeto.

De acordo com Romano L. N. (2003), em virtude da competitividade do mercado e, da crescente complexidade envolvida na atividade projetual, os métodos empíricos de elaboração de projetos tornaram-se inadequados exigindo a elaboração de modelos mais adequados para o auxílio à projeção. Dessa forma, segundo o autor, surgiram metodologias baseadas em diversos preceitos científicos com o objetivo de auxiliar o projetista na elaboração do processo de projeto e, a partir do surgimento dessas diversas metodologias, procurou-se definir as maneiras mais vantajosas para o desenvolvimento de projetos, de forma a facilitar o controle das suas variáveis e condicionantes.

Fiod apud Ditz (2008), reforça que a elaboração do projeto de produtos não pode mais estar baseada no empirismo e na intuição, mas sim, deve estar fundamentada na utilização de métodos, que possuam sólido embasamento científico, para garantir maiores possibilidades de sucesso. Estes métodos projetuais, segundo Medeiros (1981, p.114), podem ser definidos como sistemáticos ou intuitivos, sendo utilizados de acordo com o nível de complexidade do problema a ser resolvido. A utilização de métodos sistemáticos se justifica na medida em que a explicitação do processo contribua para que se criem soluções levando em conta a experiência de um maior número de pessoas, inclusive pessoas não pertencentes à equipe de projeto, para que se possa produzir uma maior qualidade, e não só quantidade de soluções, e para que se possa acelerar o tempo gasto no processo de criar e avaliar soluções. O autor afirma, também, que os métodos intuitivos são inadequados frente a crescente complexidade dos meios de produção.

Lima (2001) fala que esses modelos de projeção estabelecem um modo de abordar os problemas organizacionais e servem como referência para a tomada de decisões a respeito de práticas que devem ser seguidas durante os processos e operações da empresa.

Segundo Norton (2004, p.35), “a metodologia de projeto é essencialmente um exercício de criatividade aplicada”. O autor afirma, ainda, que muitas metodologias de projetos foram criadas para auxiliar a organização com os casos em que a definição do problema é vaga, e para os quais há muitas soluções possíveis existentes.

Nesse contexto, para Menegatti apud Scholz (2007), as metodologias utilizadas para a elaboração de projetos não devem ser aplicadas “cegamente”, mas, pelo contrário, elas deverão servir como guias permitindo o seu desdobramento e adequação a problemas distintos.

De acordo com Valeriano (1998), a atividade de desenvolver novos produtos necessita de planejamento, pesquisa, controle e uso de métodos sistemáticos, que consigam integrar os diferentes aspectos envolvidos. O uso desses modelos sistemáticos auxilia as equipes de projeto na resolução de problemas durante o desenvolvimento do PDP, de maneira que, esses sejam supridos de forma eficiente.

Romano (1996) versa que uma forma de sintetizar um trabalho é através da elaboração, e utilização, de uma metodologia de execução de atividades para efetuar a sua realização. Dessa forma, para a elaboração de um trabalho se fazem necessárias a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos, em um estudo que envolve várias fases, indo desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados, onde a metodologia utilizada deverá estar bem definida desde o início dos estudos, assim como as justificativas para o seu uso.

Pahl *et al.* (2005) colocam que face à grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, um procedimento para desenvolvimento de boas soluções torna-se necessário, e que este procedimento seja flexível, otimizável, que possa ser planejado e verificado. Porém, ele só será bem aplicado se na empresa existir o conhecimento especializado e uma metodologia de projeto.

Dessa forma, projetar é uma atividade criativa que visa não somente a criação de um produto, mas sim atender e satisfazer as necessidades dos clientes. Visando a satisfação do cliente, considerando, também, a crescente competitividade do mercado atual e a complexidade envolvida no processo de projeto, surgiram as metodologias de projeção, ferramentas e métodos que auxiliam o projetista, e a organização, quanto à tomada de decisões durante o processo do projeto. Sua utilização é uma forma de sintetizar o trabalho através de um estudo que envolve várias fases, as quais constituem o ciclo de vida do projeto.

Atualmente, existem diversas metodologias propostas, em diferentes níveis de detalhamento e especificidade, com a finalidade de auxiliar o profissional de projeto durante o processo de projeção. A adoção de uma dessas

metodologias depende basicamente do tipo de trabalho desenvolvido, do seu nível de complexidade e de uma escolha pessoal do projetista pelo processo de trabalho mais adequado às suas necessidades.

### 3.3. MR-PDMA

Segundo Romano (2003), seja qual for o produto industrial a ser desenvolvido, cada projeto envolve normalmente, diversas fases, as quais conduzem à elaboração progressiva do produto, desde a idéia inicial até a definição completa das especificações e de suas características, culminando com o lançamento do produto no mercado. No MR-PDMA o processo de projeto é dividido em três macrofases, correspondentes, em ordem cronológica à: planejamento, projeção e implementação. As três macrofases, por sua vez, são decompostas, ainda, em oito fases, sendo que ao final de cada fase há uma avaliação do resultado obtido, autorizando a passagem para a etapa seguinte. Assim, a macrofase de planejamento é composta por apenas uma fase, o planejamento do projeto, cuja principal saída é o plano do projeto. A projeção é formada por quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Para estas fases as saídas esperadas são respectivamente: especificações de projeto, concepção da máquina agrícola, viabilidade econômica e a solicitação de investimentos. A implementação compõe-se em três fases: preparação da produção, lançamento e validação. Na preparação da produção a principal saída é a liberação do produto para a produção, logo a seguir, tem-se a fase de lançamento, na qual objetiva-se a liberação do lote inicial, por último está a fase de validação que tem como saída a validação do projeto e conseqüente encerramento do mesmo (Figura 3).

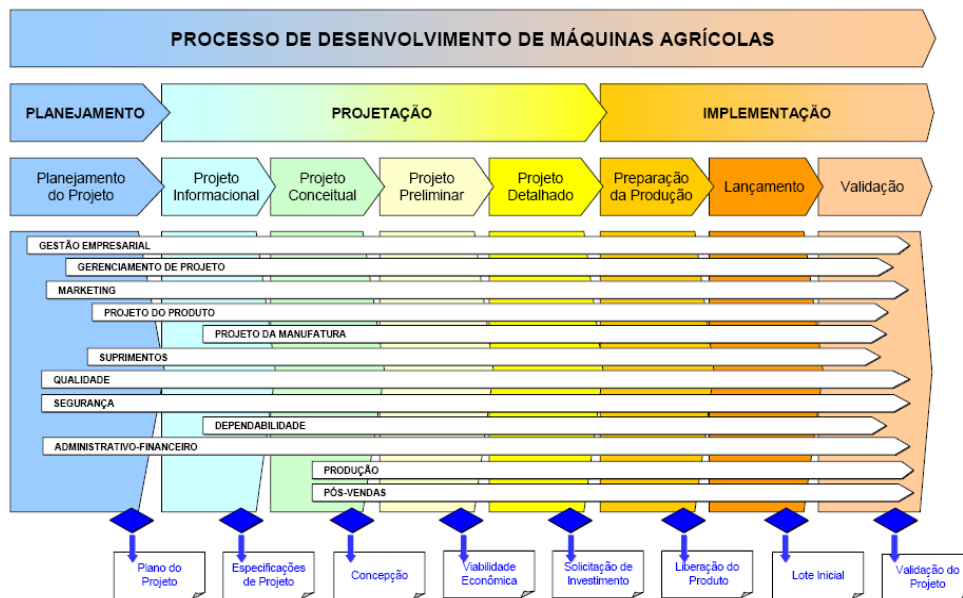


Figura 3 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – MR-PDMA. Fonte: L. N. Romano (2003)

### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do retrofitting do EEED, fez-se necessária somente a aplicação da macrofase de projeção do MR-PDMA (Figura 4), uma vez que, as saídas referentes às macrofases de planejamento e implementação não eram necessárias, pois se trata do projeto de um equipamento que não será produzido em série, sem a intenção de comercializá-lo.

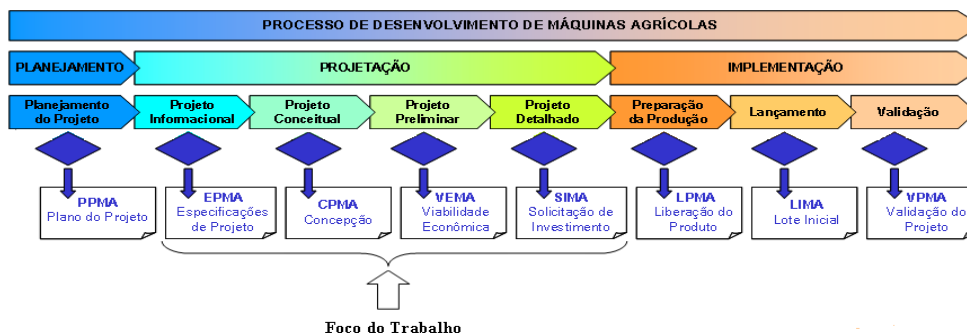


Figura 4 – Processo, macrofases, fases e saídas para o MR-PDMA. Fonte: Adaptado de Romano, L.N. (2003).

Conforme explanado nas seções anteriores, para a elaboração de um projeto de um equipamento é necessária a adoção de uma metodologia, uma vez que, essa auxilia no seu desenvolvimento, dando as coordenadas para a execução das atividades durante o processo. Nesse contexto, essa seção aborda os aspectos referentes a aplicação do MR-PDMA às atividades de projeto do equipamento, descrevendo as tarefas realizadas em cada uma das fases que constituem a metodologia utilizada.

#### 4.1. Projeto Informacional

Na fase de Projeto Informacional, buscou-se o levantamento de informações, junto aos usuários do EEED, para definir as especificações do projeto do equipamento. A partir das informações coletadas, foram enumerados os requisitos básicos, técnicos e de atratividade da máquina a projetar. Após, com os dados coletados, buscou-se a sua classificação em necessidades e vontades. Em seguida, elaborou-se a lista de requisitos visando melhor detalhamento das especificações do produto.

#### 4.2. Projeto Conceitual

Em seguida, na fase de Projeto Conceitual, foram feitas a identificação e abstração dos problemas essenciais, com posterior definição das funções globais e subfunções, seguidas pela elaboração da árvore de funções do EEED. A partir dessa, foram ordenados, combinados e selecionados os princípios de soluções para as subfunções do equipamento e posterior definição da concepção da máquina.

#### 4.3. Projeto Preliminar

Na fase de Projeto Preliminar foi elaborada a arquitetura do equipamento, fazendo sua árvore genealógica. Também, foi nessa etapa que foram feitos o detalhamento dos conjuntos, subconjuntos e peças que compõem o EEED, especificação, dimensionamento e seleção de materiais de seus componentes. Também, é nessa fase que foi elaborada a lista de peça que abrange as seguintes informações: peso e a estimativa de custo da máquina.

#### 4.4. Projeto Detalhado

A quarta, e última, fase do MR-PDMA, compreendeu a elaboração do plano de manufatura, construção do protótipo, realização de testes e ajustes necessários, assim como, foi nessa etapa que foram determinadas as especificações técnicas acerca da utilização da máquina.

Assim, a Figura 5 demonstra as tarefas realizadas em cada uma das fases que compõem a macrofase de projeção da metodologia de projeto adotada.

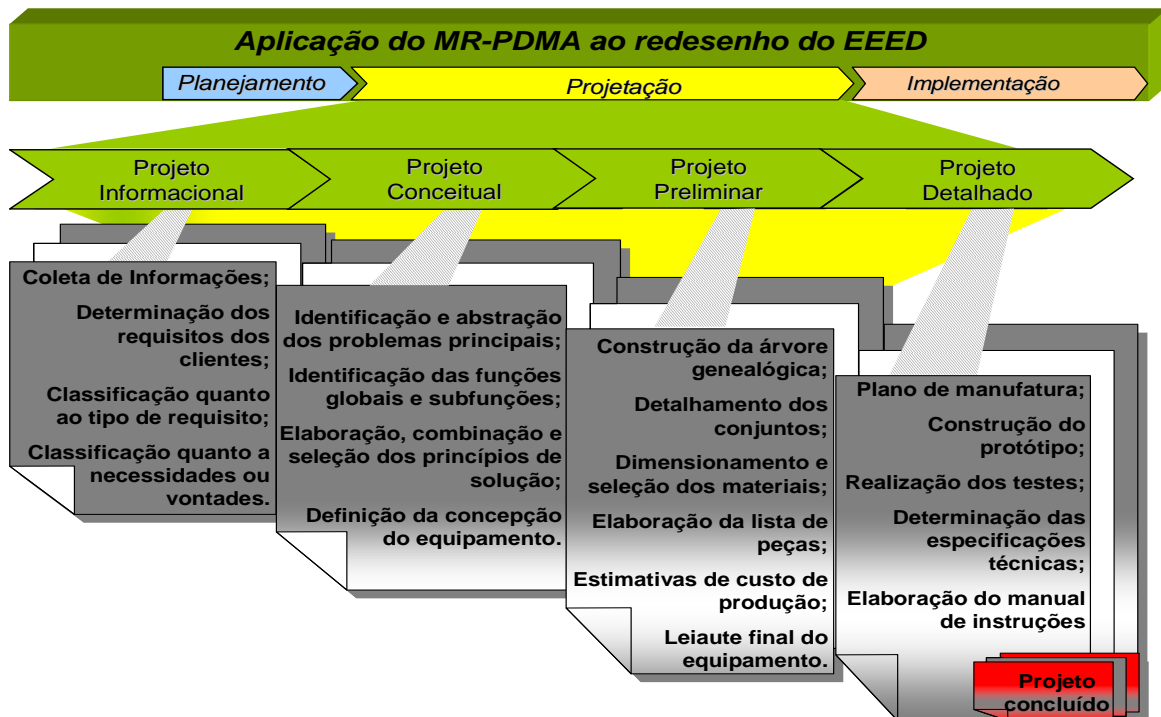
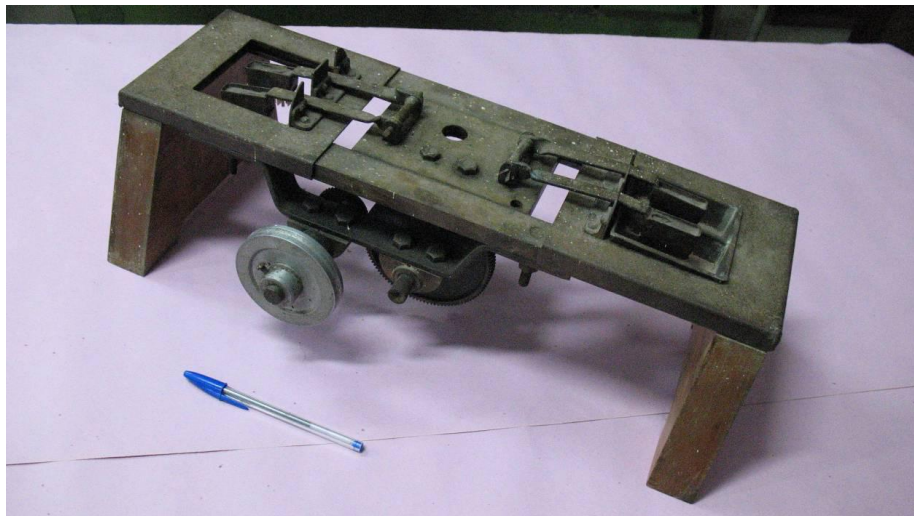


Figura 5 – Fluxograma que demonstra a aplicação da macrofase de projeção do MR-PDMA ao redesenho do EEED

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

A adoção do MR-PDMA permitiu um maior cumprimento no que tange aos requisitos estabelecidos pelos usuários do equipamento, obtendo uma configuração de equipamento que atende as necessidades estipuladas por eles para a realização dos ensaios, e supra suas limitações, uma vez que, a configuração original (Figura 6) apresentava-se obsoleta e atendia, somente em parte, às exigências de funcionamento e utilização.

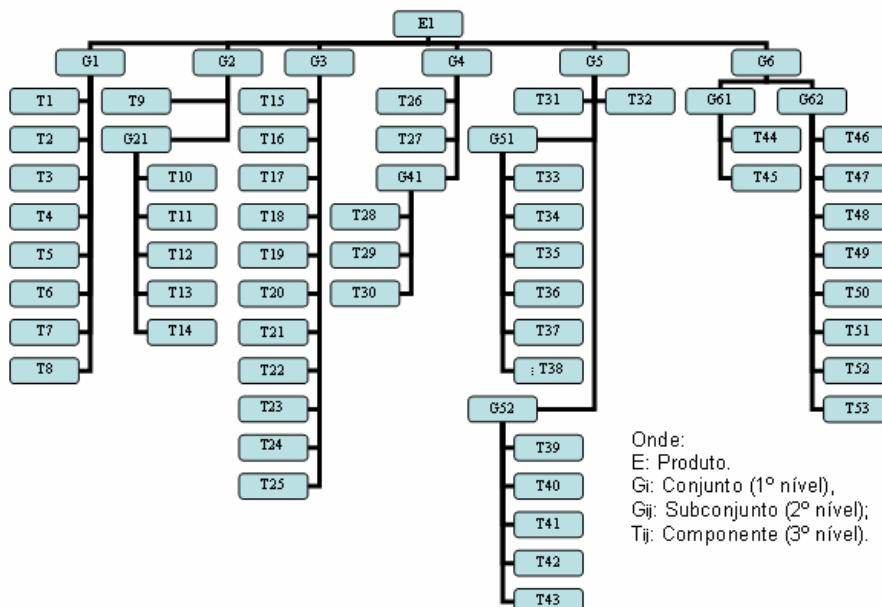


**Figura 6:** Configuração original da Máquina de Escovação

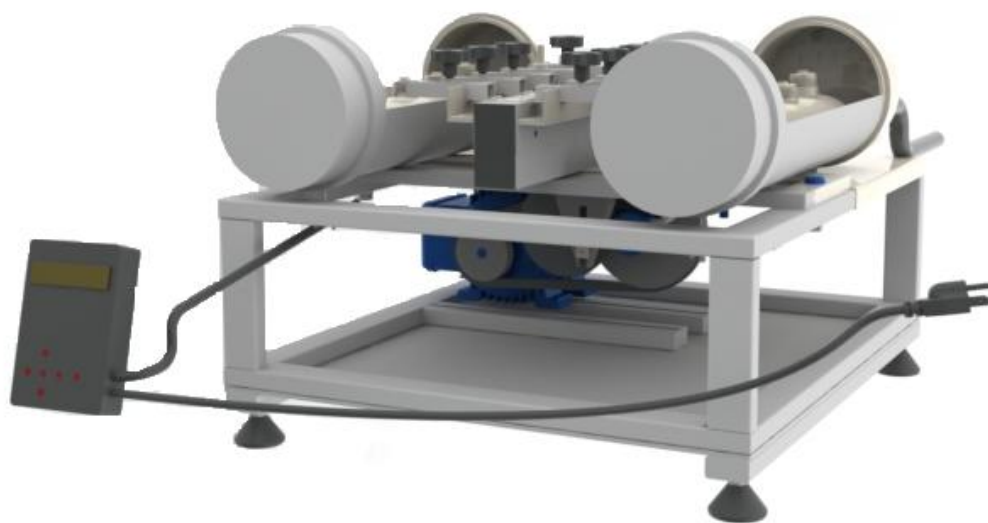
Pela análise da máquina existente, podem-se observar as seguintes deficiências:

- i. A inexistência de motor;
- ii. O equipamento atual não está montado sobre uma base que sustente o motor e os demais conjuntos;
- iii. Apresenta a possibilidade de escovação de apenas quatro escovas as quais devem ser cortadas para serem fixadas ao equipamento;
- iv. Não apresenta canal para o escoamento do dentífrício;
- v. Não apresenta dispositivo fixador para os corpos de prova;
- vi. Não apresenta contador de ciclos de escovação;
- vii. Apresenta-se totalmente oxidada;
- viii. Não apresenta sistema para absorver as vibrações geradas pelo conjunto de conversão de movimento;
- ix. Seu aspecto visual não transmite a impressão de equipamento robusto, bem acabado sem a ausência de improvisos, e isso influi na aceitação dos usuários e na credibilidade quando na avaliação dos resultados dos ensaios.

Dessa forma, o equipamento redesenhado (Figura 8) é composto por seis conjuntos, a saber: conjunto do corpo e estrutura (G1), conjunto medidor dos ciclos de escovação (G2), pelo conjunto transmissor de energia (G3), conjunto conversor de movimento (G4), conjunto fixador das escovas (G5), e pelo conjunto fixador das amostras dentárias (G6), e respectivos subconjuntos e componentes, conforme indicado pela árvore genealógica do EEED apresentada na Figura 7.

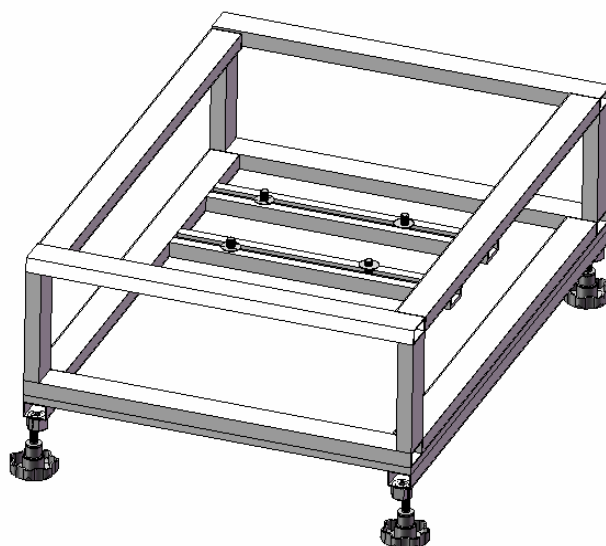


**Figura 7:** Árvore genealógica do produto



**Figura 8:** Configuração obtida após aplicação do MR-PDMA no redesenho do EEED

(G1) Conjunto do corpo e estrutura: pode-se dizer que este conjunto representa a estrutura do equipamento, pois é sobre ele que estarão ligados os demais conjuntos e componentes, sendo assim, responsável por sustentar todos os componentes do EEED. O conjunto do corpo e estrutura (Figura 9) é composto por peças que permitem que esse execute a função de conter os componentes constituintes do equipamento. Assim, as peças que compõem o conjunto são: estrutura, base, base suporte do motor, suporte dos pés niveladores/amortecedores de vibrações e pelos pés niveladores amortecedores de vibrações.

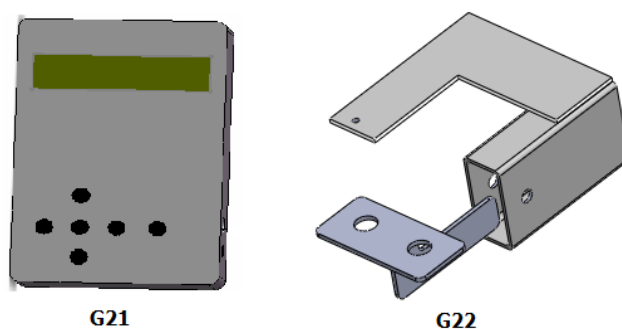


**Figura 9:** Conjunto do corpo do equipamento

(G2) Conjunto medidor dos ciclos de escovação: Este conjunto tem como finalidade programar o equipamento e executar a contagem do número de ciclos de escovação executados pelo carro móvel. Esse conjunto (Figura 10) é composto, basicamente, pelos subconjuntos leitor/programador dos ciclos de escovação (G21) e subconjunto do sensor

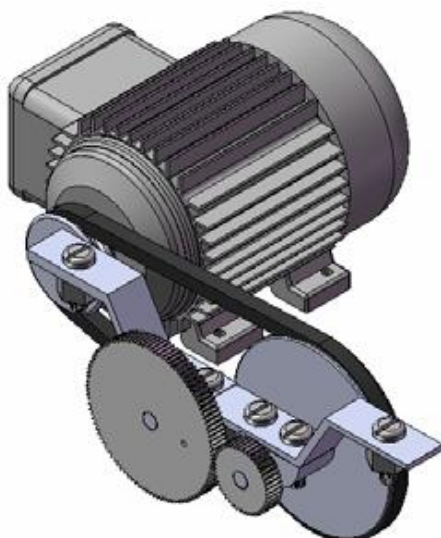


de deslocamento (G22) e respectivos componentes. O número de deslocamentos da mesa móvel é medido através de um sensor eletro-óptico fixado sobre a haste do subconjunto (G22).



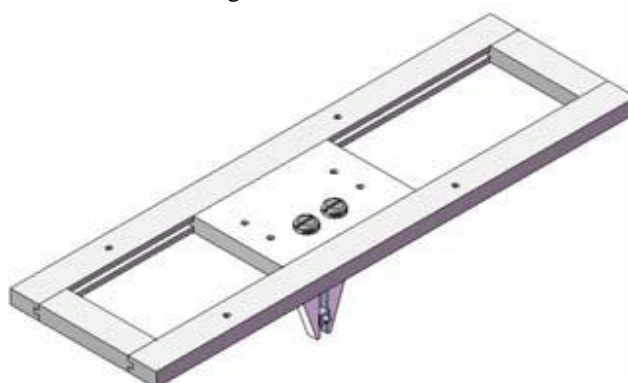
**Figura 10:** Conjunto medidor dos ciclos de escovação: G21 subconjunto do leitor/programador dos ciclos de escovação e G22 subconjunto do sensor de deslocamento

(G3) Conjunto transmissor de energia: esse conjunto é responsável por gerar o movimento e transmiti-lo de forma a executar o movimento de escovação. O Conjunto transmissor de energia (Figura 11) é composto, basicamente, por um motor WEG (de  $\frac{1}{2}$  CV de potência, 1800 rpm), conjunto de polia e engrenagens (oferecem uma redução 1/5), correia, eixo, mancais de deslizamento e suporte dos mancais.



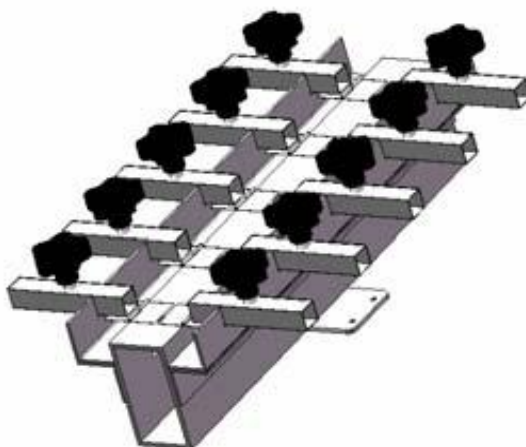
**Figura 11:** Conjunto transmissor de energia

(G4) Conjunto conversor de movimento: este conjunto tem a finalidade de converter o movimento rotativo, transmitido pelo motor e redução, em movimento alternativo para mover o carro móvel. O equipamento original apresentava essa conversão por meio de eixo excêntrico e mesa guia. Uma vez que, essa configuração atende a necessidade de obter movimento alternativo, fez-se uso dela. Assim, o conjunto conversor de movimento (Figura 12) é composto, basicamente, pelo eixo excêntrico, mesa guia e carro móvel.



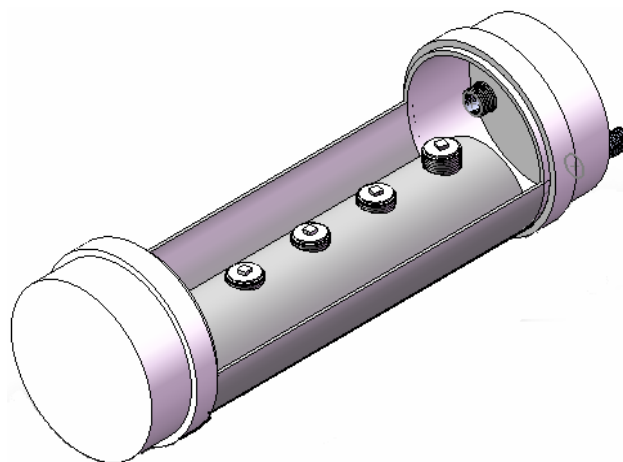
**Figura 12:** Conjunto conversor de movimento

(G5) Conjunto fixador das escovas: o conjunto fixador das escovas (Figura 13), assim como o próprio nome diz, tem a função de prender as escovas ao equipamento. Esse conjunto é composto por dois subconjuntos: subconjunto dos fixadores das escovas e subconjunto dos pentes guias, e respectivos componentes.



**Figura 13:** Conjunto fixador das escovas

(G6) Conjunto fixador das amostras dentárias: esse conjunto tem a função de fixar as amostras dentárias a serem processadas e coletar e descartar o dentifrício utilizado durante os ensaios. O conjunto fixador das amostras dentárias (Figura 14) é composto pelo subconjunto fixador das amostras e subconjunto do reservatório e respectivos componentes, ambos feitos de material PVC. Apresentam espigões nas extremidades de uma das tampas, onde é fixada a canalização de descarte do dentifrício usado nos testes.



**Figura 14:** Conjunto fixador das amostras dentárias

O equipamento redesenhado apresenta capacidade para escovar dez corpos de prova simultaneamente, com a utilização de qualquer tipo de escova dentária. Tem aptidão para efetuar 999.999 ciclos de escovação, e curso de escovação de 38 mm, com distância de 50 mm entre os corpos de provas, conforme estipulado por normas internacionais.

Após a fabricação, foram realizados testes funcionais que indicam que o projeto atingiu o seu objetivo. Considerando o novo leiaute da máquina e, tendo em vista os testes realizados com o protótipo e os ajustes feitos no equipamento, conclui-se que o redesenho da máquina, vem a contemplar as necessidades apontadas pelos usuários.

## 6. CONCLUSÃO

Evidenciou-se ao longo do artigo a importância da utilização de um Modelo de Referência para a realização da atividade projetual no segmento de máquinas especiais. A relevância da adoção de uma metodologia de projeto se traduz na necessidade de sintetizar, e planejar, as tarefas que compõem o processo de desenvolvimento do produto. Em outras palavras, os benefícios da utilização de um modelo que norteie a execução das tarefas durante a concepção do projeto do produto aumentam a probabilidade de sucesso ao seu final.

As contribuições apresentadas apóiam-se, sobretudo, na visão de todo o trabalho que envolve o processo de desenvolvimento de um produto genérico. Essa visão só é possível com a implementação de uma estrutura que torne todas as atividades transparentes, ou seja, uma estrutura que apresente, claramente, cada atividade que deverá ser realizada, quando e como. Esses fatores tornam-se facilitados através do emprego de MR's.

## 7. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Universidade Federal de Santa Maria ao Departamento de Engenharia Mecânica e ao curso de Pós-graduação em Odontologia, por dispor da infra-estrutura necessária para a realização do estudo.

## 8. REFERÊNCIAS

- Araujo, C. S.; Mendes, L. A. G.; Toledo, L. B. Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso Embraer – experiência e lições aprendidas. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Produto, 2001, Florianópolis. Anais... Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. CD-ROM
- BACK, N. et al. Projeto Integrado de Produto: planejamento, concepção e modelagem, 1ª ed. Barueri, Editora Manole, 2008.
- Brasil, A. D. Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos: uma pesquisa envolvendo 30 empresas situadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997
- Ditz, D. C. Sistematização do processo de projeto de máquinas especiais: proposta de um modelo de desenvolvimento do produto para uma empresa do setor metal/mecânico da cidade de Santa Maria. 2008. 129f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- Fischer, A. Sistematização do processo de padronização de detalhes construtivos em projeto. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- Hoffmeister, A. D. Sistematização do processo de planejamento de projetos: definição e seqüenciamento das atividades para o desenvolvimento de produtos industriais. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Lima, E. P. Uma Modelagem Organizacional Suportada por Elementos de Natureza Comportamental. Florianópolis, 2001. Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Medeiros, E. N. Uma Proposta de Metodologia para o Desenvolvimento de Projeto de Produto. Dissertação (mestrado COPPE/UFRJ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1981.
- Norton, R. L. Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada. 2ª ed. São Paulo, Editora Bookman, 2004
- Pahl, G. et al. Projeto na Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2005.
- Romano, F. V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Romano, L. N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Scheuer, C. J. et al. Redesenho e Construção de um Equipamento para Ensaios de Escovação Dentária. In: Jornada Nacional de Iniciação Científica (61ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência), 2009, Manaus. Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC, 2009.
- Scheuer, C. J.; Romano, L. N.; da Silva, A. D.; Metodologia de Projeto Utilizada na Elaboração do Redesenho de um Equipamento para Ensaios de Escovação Dentária. In: XXIII CRICTE - Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, 2009, Joinville/SC. Anais do XXIII CRICTE, 2009
- Scholz, T. A. Estabelecimento dos requisitos de projeto de mecanismo de distribuição centrífugo de fertilizantes. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- Valeriano, D. L. Gerência em Projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.

## 9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## **USE OF MR-PDMA IN SISTEMATIZATION OF SPECIAL MACHINES DESIGN PROCESS: EXAMPLE OS APLICATION IN EVOLUTION PROJECT OF BRUSHING TEST EQUIPMENT**

Cristiano José Scheuer, [cristiano\\_scheuer@hotmail.com](mailto:cristiano_scheuer@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Leonardo Nabaes Romano, [romano@smail.ufsm.br](mailto:romano@smail.ufsm.br)<sup>2</sup>  
Gibran Portolan dos Santos, [gibranps@gmail.com](mailto:gibranps@gmail.com)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal University of Parana, Block IV of Technology Sector, Polytechnique Center, America Garden Neighborhood, 81531-990, Curitiba, PR, Brazil

<sup>2</sup> Federal University of Santa Maria, Technology Center, Department of Mechanical Engineering, Camobi Neighborhood, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil

**Abstract:** *Because of growing competitiveness in a global market, the companies have given primal importance to the design process of their products. The design phase increase competitive advantages for companies, since this task is performed in a systematic and regular, which requires, besides to technical competence, processes of project management extremely effective. The special machines design process (PPME) is characterized by the treatment of an initially abstracts information (product features, specifications, etc.), which become more concrete as the project approaches to the final step. Because of a complexity that occurs, it's necessary a practice of a systematized design process which provide an entire process decisions register. This practice is achieved by an appropriate system of a process design, avoiding failures that can occur. Although a segment of the industry that have shown a potential growth, special machines sector has not adopt, in the most of cases, a method of development for their products. The not use of this methods, has been a limitation to their growth, product development with quality, low costs and at the time pre-established. This culture of use the empirical knowledge for the special machines development, is because of the non-existence of an appropriate methodology which shows the sequence of project activity. However, because of almost absence of private methods of development for special products, what has been observed is adequacy of analogy to the reference models, elaborate for the development of other products, in activity of special machine design. So, what happens is the fusion of many methods adopts according with designer requirement. In this context, this paper shows the utilization of MR-PDMA( Reference Model for Design Process of Rural Machines), in the organization of design process for evolution of a Brushing Test Equipment (EEED). That was done with application of macro phases of design in process of equipment redesign. The utilization of MR-PDMA for redesign of EEED contributed significantly for the development of that equipment, managing and guiding the executor of work in the decision-making and activity sequence. That allow the finish of work in a date previously predicted and get a machine that meets the needs of operation required by users.*

**Keywords:** *Project Method, Special Machine Project, MR-PDMA*