

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO QFD NO DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA A REABILITAÇÃO DO COTOVELO E ANTEBRAÇO

Amanda Soria Buss (UFRGS)

mandikabuss@gmail.com

Aline Marian Callegaro (UFRGS)

nimacall@gmail.com

Raffaela Leane Zenni Tanure (UFRGS)

raffaelat@gmail.com

Carine Aimi Monteiro (UFRGS)

cari_monteiro@hotmail.com

Marcia Elisa Soares Echeveste (UFRGS)

echeveste@producao.ufrgs.br



O desenvolvimento dos equipamentos médicos exige uma gestão de requisitos sistematizada, uma vez que necessita a incorporação de aspectos de confiabilidade e segurança na qualidade do produto final. Para realizar a gestão dos requisitos uma ferramenta com este objetivo é o QFD (Desdobramento da Função Qualidade). Este artigo apresenta uma metodologia simplificada desta ferramenta desenvolvida por pesquisadores da universidade da qual os autores fazem parte e é discutida para equipamentos médicos. São apresentadas as etapas referentes ao método QFD para o desenvolvimento de um equipamento de movimentação passiva contínua (CPM, do inglês continuous passive motion) para a reabilitação do cotovelo e antebraço. Enfatizam-se os índices e a organização dos requisitos com pontos que podem ser replicados em outros casos de estudos.

Palavras-chaves: Movimentação Passiva Contínua, Desdobramento da Função Qualidade, Processo de Desenvolvimento de Produto

1. Introdução

Na área da saúde, as novas tecnologias estão revolucionando a prestação de serviços desde a última metade do século XX. As ciências da saúde buscam solucionar os problemas de pesquisa integrando equipes multidisciplinares que associam habilidades de engenharia e outras ciências físicas às ciências da vida (SHINE, 2004). Situação esta que se repercute no desenvolvimento de produtos para a reabilitação, como por exemplo, nos equipamentos de movimentação passiva contínua (CPM – do inglês *continuous passive motion*) para a reabilitação de articulações do corpo humano, como o cotovelo e antebraço. Eles são utilizados na reabilitação pós-operatória e pós-trauma de lesões articulares (MAVROIDIS et al., 2005; CALLEGARO, 2010).

Estes equipamentos frequentemente envolvem complicadas montagens, não são portáteis e ineficientes em relação à sua inabilidade de reconhecer o aumento da amplitude de movimento (ADM), podendo forçar a articulação do paciente e causar danos aos tecidos (MAVROIDS et al, 2005). Os modelos disponíveis no mercado não possibilitam a completa ADM passiva fisiológica de flexão/extensão do cotovelo (CALLEGARO et al., 2011).

Para o desenvolvimento de novos equipamentos, além de equipes multidisciplinares, deve-se contar com a participação de pacientes e profissionais da saúde (SHINE, 2004). A identificação das necessidades dos clientes realizada no início do processo de desenvolvimento do produto pode garantir que novos recursos sejam incorporados em protótipos com maior facilidade e menor custo (MARTIN et al., 2006), através da transformação em requisitos funcionais do novo produto (ROZENFELD et al., 2006). Contribuindo assim para o desenvolvimento de produtos com mais qualidade, segurança e confiabilidade (SILVA, 2004).

Corroborando com a ideia, Andrietta e Miguel (2002) afirmam que no processo de desenvolvimento de produto a compreensão da Voz do Cliente é uma etapa de fundamental importância. Sua perfeita compreensão e a exata tradução na Voz do Processo pode ser obtida com a utilização do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que pode auxiliar na melhoria contínua de produtos e consequente criação de valor, no que se refere ao desenvolvimento de equipamentos para esta área da saúde (ROZENFELD et al., 2006).

Com base neste contexto, justifica-se a necessidade de implantação de melhorias em um equipamento de CPM para a reabilitação do cotovelo e antebraço, através da utilização de um modelo do método QFD. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar a aplicação do método QFD para um caso na área da saúde, visando alinhar a qualidade do projeto às perspectivas dos clientes. Nas sessões 2 e 3 apresenta-se a revisão bibliográfica pertinente ao entendimento deste trabalho; na sessão 4 os procedimentos metodológicos, na sessão 5 os resultados e sessão 6 as considerações finais do estudo.

2. Desenvolvimento de produtos na área da saúde

A indústria de equipamentos médico-hospitalares caracteriza-se por um forte conteúdo interdisciplinar, em que as inovações tecnológicas requerem o envolvimento de equipes multidisciplinares. Os especialistas da área da saúde auxiliam na identificação das necessidades e da possibilidade de um novo equipamento, na criação do primeiro protótipo e

nos aprimoramentos decisivos no desenvolvimento do equipamento (ALBUQUERQUE e CASSIOLATO, 2002).

Na fisioterapia, recebe bastante atenção o uso da tecnologia para auxiliar no tratamento fisioterapêutico tradicional, qualificando a terapia recebida pelo indivíduo e melhorando o engajamento do mesmo com o tratamento. A tecnologia informatizada, por exemplo, assiste o paciente na realização de movimentos que requerem auxílio do fisioterapeuta (COOPER et al., 2008). Os equipamentos de CPM, por exemplo, são utilizados no tratamento fisioterapêutico das articulações dos membros (LENSSSEN et al., 2008), auxiliando na fase inicial da reabilitação (HEBERT et al., 2003).

Existe uma demanda dos profissionais responsáveis pela reabilitação do cotovelo e antebraço por equipamentos de CPM destinados ao tratamento destas articulações. Estudos sobre estes equipamentos estão mais evoluídos para as articulações dos membros inferiores (SPERB, 2006; MAVROIDIS et al., 2005), porém mais pesquisas precisam ser realizadas no caso do cotovelo e antebraço (CALLEGARO et al., 2011).

3. O método QFD

O QFD pode ser definido como um método que objetiva estabelecer a qualidade do projeto e também obter a satisfação do cliente (AKAO, 1996). Em território brasileiro, notam-se aplicações deste nas áreas de desenvolvimento de produto, principalmente em empresas automobilísticas no desenvolvimento de ônibus, caminhões e motores; em empresas alimentícias, onde o método é implementado como guia do processo de transferência de tecnologia no desenvolvimento de uma família de produtos; e em empresas que produzem filmes flexíveis de polipropileno (SASSI e MIGUEL, 2002).

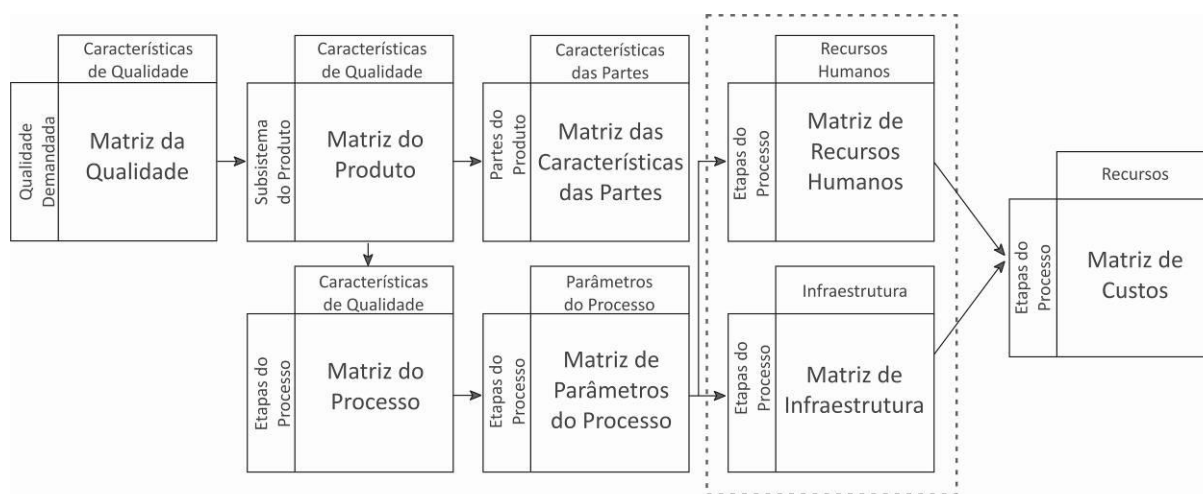
Particularmente na área médica, tema do presente estudo, algumas aplicações foram encontradas conforme segue: i) aplicação do método numa abordagem para aprimoramento do serviço oferecido por uma clínica de podologia, de modo a realocar as operações para prover serviços mais compreensivos e satisfatórios para médicos e pacientes (MAZUR et al., 1995); ii) entendimento dos requisitos dos clientes e sua inclusão para melhora contínua da qualidade dos serviços oferecidos pelo sistema de saúde (RADHARAMANAN e GODOY, 1996); iii) QFD empregado no desenvolvimento de serviço de rede computacional de suporte para terapeutas ocupacionais (HALLBERG et al., 1999); iv) método utilizado no projeto e desenvolvimento de uma escala de diagnóstico médico simples e com alto grau de precisão (LIU et al., 2009); v) verificação a possibilidade de planejar a qualidade nas unidades de saúde da família, por meio do QFD (VOLPATO et al., 2010); vi) aplicação do método de modo a aprimorar os serviços de ambulatório para pacientes idosos (KUO et al., 2011). As aplicações listadas dizem respeito ao setor de serviços na área médica e não ao desenvolvimento de produtos. Situação semelhante ocorre nos estudos desenvolvidos no Brasil de forma geral. Sassi e Miguel (2002) demonstram que a utilização do QFD em território brasileiro é mais freqüente no setor de serviços com o objetivo de melhorar a prestação do mesmo e, conseqüentemente, aumentar a satisfação dos clientes.

4. Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo quali-quantitativo e, com base nos seus objetivos gerais, classifica-se como exploratória, pois visa proporcionar maior

familiaridade com o problema tornando-o mais explícito (GIL, 2002). A partir disso, no que diz respeito ao método de trabalho, adotaram-se os seguintes procedimentos: (i) definição dos métodos e técnicas; (ii) determinação do tamanho da amostra e processo de amostragem e (iii) previsão de processamento e análise de dados.

A definição dos métodos e técnicas envolve a metodologia utilizada para atingir o objetivo da pesquisa, em que se adaptou o modelo do método QFD proposto por Ribeiro et al. (2001), desdobrado em oito matrizes, - conforme apresentado no modelo conceitual da Figura 1. Considerou-se importante dividir a matriz de recursos em duas (destacado pelo retângulo tracejado da figura 1): matriz de recursos humanos e matriz de infraestrutura, uma vez que esta contribui para melhor definir a matriz de custos.



----- Adaptação sugerida pelas autoras, com base no modelo de Ribeiro et al. (2001)

Figura 1 – Modelo QFD adaptado

Para a determinação do tamanho da amostra foi realizada uma amostragem não-probabilística por conveniência. A população-alvo definida envolveu fisioterapeutas, médicos, pacientes, estudantes de pós-graduação de Engenharia e Design, e sua seleção ocorreu pelo fato deles conhecerem ou poderem estar relacionados com a cadeia do equipamento, das cidades de Porto Alegre e Curitiba. A coleta dos dados foi realizada no período de maio a outubro de 2011, sendo composta de duas etapas, detalhadas na Tabela 1.

Coleta de Dados		
<i>Etapa</i>	1^a	2^a
<i>Abordagem</i>	Qualitativa	Quantitativa
<i>Técnica</i>	Entrevista individual	Questionário fechado com preenchimento online
<i>Descrição</i>	5 perguntas abertas com duração de 30 min	6 tópicos com 4 itens
<i>Nº respondentes</i>	4 indivíduos por estrato	11 indivíduos por estrato

Tabela 1 – Coleta de dados

As entrevistas da primeira etapa foram gravadas e transcritas, com posterior análise de conteúdo (BARDIN, 2011) para identificação da qualidade demandada pelos clientes. Desdobrou-se os requisitos identificados em três níveis: primário, secundário e terciário, formando a árvore da qualidade demandada. Esta possibilitou a elaboração do questionário fechado (disponível pelo *link*: <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dEtPaklpLVV4S3VuX3FkRHpoSzI5MIe6MQ#gid=0>), referente à pesquisa quantitativa que caracterizou a segunda fase da coleta de dados. Assim, pode-se identificar a ordem de importância das qualidades demandadas, realizar a priorização dos requisitos dos clientes e determinar as características de qualidade a serem desdobradas no QFD.

5. Resultados

A seguir são descritas as etapas realizadas para a aplicação do QFD adaptado, bem como as matrizes utilizadas para esta aplicação.

5.1 Levantamento dos requisitos do cliente

A Tabela 2 apresenta os requisitos identificados na fase qualitativa e seus respectivos pesos atribuídos pela fase quantitativa. Os pesos referentes aos itens do nível secundário foram obtidos a partir da questão final do questionário quantitativo, na qual os entrevistados deveriam estabelecer um *ranking* para as características secundárias. Os pesos referentes ao nível terciário, por sua vez, foram obtidos pela média dos respondentes. O peso *IDI* é distribuído proporcionalmente ao peso do nível secundário o qual pertence. Assim os pesos dos níveis terciários somam o peso total do nível secundário

Nível Primário	Nível Secundário	Peso	Nível Terciário	Peso	IDI
Aspectos Visuais	Estética	0.11	Cor neutra (similar a da pele)	0.200	0.023
			Forma Orgânica	0.244	0.028
			Compacto	0.285	0.032
			Discreto	0.271	0.031
Tecnologia	Material	0.14	Superfície de contato com a pele macia	0.247	0.034
			Superfície de contato com a pele respirável	0.248	0.034
			Fácil Limpeza/Desinfecção	0.254	0.035
			Resistente às condições de uso e manutenção	0.251	0.035
	Componentes / Elementos	0.13	Número reduzido de componentes	0.237	0.032
			Baixo peso do equipamento	0.280	0.038
			Embalagem de transporte e armazenamento	0.244	0.033
			Diferentes fontes energéticas	0.240	0.032
Funcionalidade / Confiabilidade	Manuseio	0.17	Facilidade de armazenamento	0.232	0.040
			Transporte por rodas ou carro	0.244	0.042
			Silencioso	0.263	0.045
			Uso intuitivo	0.262	0.045
	Ergonomia	0.21	Ajuste antropométrico	0.253	0.054
			Movimentos harmônicos	0.251	0.054
			Suportes laterais para alinhamento	0.229	0.049
			Não oferecer risco ao usuário	0.266	0.057
Funções	0.23	Possibilitar amplitude fisiológica	0.259	0.059	
		Programas assistivos, ativos e resistivos	0.248	0.057	
		Funções programáveis	0.237	0.054	
		Interface Simples	0.256	0.059	

Tabela 2 - Árvore da Qualidade demandada com seus respectivos pesos

Observa-se que, entre os níveis secundários, o atributo funcionalidade possui a maior importância relativa do produto (22,87%), este está desdobrado em ‘possibilitar amplitude fisiológica’ (5,93%), ‘programas assistivos, ativos e resistivos’ (5,67%), ‘funções programáveis’ (5,42%) e ‘interface simples’ (5,85%).

5.2 Desdobramento da qualidade demandada

Após construída a árvore, foram definidas as características de qualidade (requisitos do produto) associadas a cada demanda de qualidade (requisito do cliente), para traduzir as demandas da qualidade em requisitos técnicos, mensuráveis e objetivos.

A intensidade do relacionamento entre as qualidades demandadas (i) e as características da qualidade (j) é medida conforme Tabela 3. O estabelecimento das relações deu-se através do consenso dos autores referentes à seguinte questão: se a característica da qualidade x for mantida em níveis excelentes, estará assegurada a satisfação da qualidade demandada y ?

Grau de relação entre a demanda <i>i</i> e a característica de qualidade <i>j</i>	
Forte	9
Média	3
Fraca	1

Tabela 3 – Índice de força de relação entre os itens

Os pesos da qualidade demandada obtidos na etapa anterior (ID_i) foram corrigidos por meio de uma avaliação competitiva (M_i) e de uma avaliação estratégica (E_i) em relação aos produtos concorrentes, conforme modelo de Ribeiro et al. (2001). O resultado é o índice de importância corrigido (ID_i^*), calculado conforme a Equação 1.

$$ID_i^* = ID_i \times \sqrt{E_i} \times \sqrt{M_i} \quad (1)$$

Nesta matriz também foi realizada a determinação da importância das características de qualidade (IQ_j), calculada conforme a Equação 2. Considera-se a intensidade do relacionamento entre os itens da qualidade demandada e das características de qualidade (DQ_{ij}), e a importância relativa da qualidade demandada (ID_i^*).

$$IQ_j = \sum_{i=1}^n ID_i^* \times DQ_{ij} \quad (2)$$

Seguindo o modelo proposto por Ribeiro et al. (2001), foi utilizado um fator para corrigir o índice de importância das características da qualidade (IQ_j^*), por meio da avaliação da dificuldade de atuação sobre as características de qualidade (D_j) e uma avaliação competitiva em relação às características técnicas (B_j), conforme a Equação 3.

$$IQ_j^* = IQ_j \times \sqrt{D_j} \times \sqrt{B_j} \quad (3)$$

Os fatores utilizados para corrigir a qualidade demandada e as características da qualidade estão apresentados na Tabela 4.

Fator de Correção	Avaliação Competitiva (M_i e B_j)	Avaliação Estratégica (E_i)	Dificuldade de Atuação (D_j)
0,5	Acima da concorrência	Importância pequena	Muito difícil
1,0	Similar à concorrência	Importância média	Difícil
1,5	Abaixo da concorrência	Importância grande	Moderado
2,0	Muito abaixo da concorrência	Importância muito grande	Fácil

Tabela 4 – Fatores de correção do ID_i^* e do IQ_j^*

A Matriz da Qualidade apresenta dois resultados, que correspondem à priorização da qualidade demandada (ID_i^*) e à priorização das características de qualidade (IQ_j^*), conforme Tabela 5. Observa-se que as qualidades demandadas consideradas mais importantes são

‘movimentos harmônicos’ e ‘interface simples’, associados a ‘ergonomia’ e ‘funções’, respectivamente. As características do produto menos valorizadas pelo cliente relacionam-se à ‘estética’, são elas ‘discreto’ e ‘cor neutra’.

Características de Qualidade											
	Cor similar a pele	Acabamento arredondado	Tamanho compacto (cm)	Visual discreto	(...)	Possibilidade de programar diferentes funções	Compatibilidade com outros aparelhos	IDI	Mi	Ei	IDI*
Cor neutra (similar a da pele)	9			9				0.023	0.5	1.0	0.016
Forma Orgânica		9	1	3				0.028	1.0	1.0	0.028
Compacto		1	9	9				0.032	1.5	1.0	0.040
Discreto	9	3	9	9				0.031	0.5	0.5	0.015
Superfície de contato com a pele macia		3		1				0.034	1.0	2.0	0.048
Superfície de contato com a pele transpirável				1				0.034	0.5	2.0	0.034
(...)											
Movimentos harmônicos						3		0.054	1.0	2.0	0.076
Suportes laterais para alinhamento						3		0.049	1.0	1.5	0.060
Não oferecer risco ao usuário		9				9	9	0.057	0.5	2.0	0.057
Possibilitar amplitude fisiológica						3	3	0.059	0.5	2.0	0.059
Programas assistivos, ativos e resistivos						9	3	0.057	0.5	2.0	0.057
Funções programáveis						9	9	0.054	0.5	2.0	0.054
Interface Simples						9	9	0.059	1.0	1.5	0.072
Especificações											
Importância da Caract de Qualidade j IQ_j	0.39	1.10	1.90	1.31		3.62	2.79				
Dificuldade de Atuação (D_j)	2.00	2.00	0.50	1.50		1.00	1.50				
Análise Competitiva (B_j)	0.50	1.00	1.50	0.50		0.50	1.00				
IQ_j^*	0.39	1.55	1.64	1.13		2.56	3.41				

Tabela 5 - Visão parcial da Matriz da Qualidade

5.3 Desdobramento do produto e suas partes

Conforme Ribeiro et al. (2001), a Matriz do Produto tem por objetivo desdobrar as partes que o compõem, associando-as com as características de qualidade anteriormente destacadas, conforme apresentado na Tabela 4. Supõe-se uma relação de causa e efeito, que deve ser estabelecida respondendo a seguinte questão: se a parte x for excelente, estará assegurado o atendimento das especificações para a característica de qualidade y ? A relação é medida conforme a Tabela 3.

Nesta matriz foi realizada a determinação do índice IP_i de importância, segundo o modelo de Ribeiro et al. (2001), para medir as partes mais importantes à qualidade, calculado conforme a Equação 4. Considera-se a intensidade do relacionamento entre a parte e a

característica de qualidade (PQ_{ij}), e o índice de importância corrigido das características de qualidade (IQ_j^*).

$$IP_i = \sum_{j=1}^n PQ_{ij} \times IQ_j^* \quad (4)$$

Após, foi utilizado um fator para corrigir o índice de importância das características da qualidade (IP_i^*), por meio da avaliação da dificuldade de fazer modificações (F_i) e o tempo necessário para modificações (T_i), conforme a Equação 5.

$$IP_i^* = IP_i \times \sqrt{F_i} \times \sqrt{T_i} \quad (5)$$

Os fatores utilizados para corrigir o índice de importância das características da qualidade (IP_i^*) estão apresentados na Tabela 6.

Fator de Correção	Dificuldade Para Modificações (F_i)	Tempo Para Modificações (T_i)
0,5	Muito difícil	Muito grande
1,0	Difícil	Grande
1,5	Moderada	Moderado
2,0	Fácil	Pequeno

Tabela 6 – Fatores de correção do IP_i^*

Como resultado, as seguintes partes precisam ser priorizadas: haste de sustentação, suporte do braço, suporte do antebraço, joystick e base de apoio. Com o desdobramento e a priorização das partes, partiu-se para o preenchimento da Matriz das Características das Partes (Tabela 7), na qual as partes componentes do produto são cruzadas com as respectivas características que medem a qualidade da parte. A relação entre as partes e as suas características é medida conforme os índices da Tabela 3 sendo estabelecida respondendo a questão: se a característica x for mantida em níveis excelentes, estará assegurado o bom desempenho da parte y ?

		Características das Partes											
Partes do Produto	IPi*	Dimensões da base de apoio (cm)	Peso da base de apoio (g)	Nivelamento da base de apoio	Dimensões da haste de sustentação (cm)	Peso da haste de sustentação (g)	Espessura da haste (mm)	Regulagem da altura da haste de sustentação	Ângulo da haste de sustentação (90°)	(-)	Peso do joystick (g)	Parâmetros de funcionamento do sistema eletrônico	Flexibilidade de programação (1 a 10)
		Base de apoio	224	3	3	9							
Haste de sustentação	293				3	3	9	9	9				
Suporte do braço	246												
Suporte do antebraço	246												
Sistema mecânico	108												
Joystick	248										3		
Sistema eletrônico	114											9	
Software	107												9
		672	672	2016	878	878	2635	2635	2635		745	1024	965

Tabela 72 – Visão parcial da Matriz das Características das Partes

Com base nesta matriz, as características das partes do produto priorizadas foram: ‘ângulo da haste de sustentação’, ‘regulagem da altura da haste de sustentação’ e ‘espessura da haste’.

5.4 Desdobramento do processo e seus parâmetros

A Matriz do Processo (Tabela 8) desdobra os processos de fabricação do produto, visando evidenciar aqueles que estão associados com as características de qualidade. A relação entre as etapas do processo e as características de qualidade é medida conforme os índices da Tabela 3 e é estabelecida respondendo a questão: se o processo x for realizado perfeitamente, estará assegurado o atendimento das especificações para a característica de qualidade y? A partir disso, são feitos os cálculos para a definição da importância (IPi) e priorização (IPi*) dos processos.

Características de Qualidade															
	IQJ*	Cor similar a pele	Acabamento arredondado	Tamanho compacto (cm)	(...)	Número de pontos de risco	Grau de amplitude (°)	Movimentos assistivos, ativos e resistentes	Possibilidade de programar diferentes funções	Compatibilidade com outros aparelhos	IPi	Fi	Ti	IPi* /1000	
		0.4	1.6	1.6	3.4	1.8	1.5	2.6	3.4						
Etapas do Processo	Programação do software					9	3	9	9	3	166	0.5	0.5	83	0.08
	Recebimento de componentes	9	9	1		9					132	1.5	0.5	114	0.11
	Cortes de perfis de alumínio		9	3		3					125	2.0	2.0	250	0.25
	Cortes dos materiais de aço		9	1		3					43	2.0	2.0	86	0.09
	Cortes dos polímeros e tecidos		9	3		1					52	2.0	2.0	105	0.10
	Moldagem e acabamento dos cortes		9	9		3					52	1.5	1.5	78	0.08
	Montagem			3		9	9			3	256	1.0	0.5	181	0.18
	Acabamento		9			3				1	39	1.5	1.5	59	0.06
	Processos de certificação					9				3	71	0.5	0.5	36	0.04
	Expedição									1	10	1.5	1.5	16	0.02

Tabela 8 - Visão parcial da Matriz do Processo

Relacionam-se na Matriz dos Parâmetros do Processo os diferentes parâmetros do processo às etapas do processo de fabricação do equipamento de CPM em estudo. Os parâmetros do processo medem o quanto determinado processo está atendendo a qualidade planejada. Esta matriz aponta os parâmetros críticos para a qualidade, resultando dos valores mais altos resultantes da matriz dos parâmetros dos processos. Note que, com base na tabela 8, Através desta matriz, pode-se verificar a priorização dos seguintes processos de fabricação do produto: ‘cortes de perfis de alumínio’ e ‘montagem’.

A atribuição dos pesos (Tabela 4) baseou-se no seguinte questionamento: “se o parâmetro *x* for mantido em níveis excelentes, estará assegurado o bom desempenho da etapa do processo *y*?”. Os parâmetros do processo da matriz foram: ‘tempo de programação’, ‘capacidade de armazenamento de programas’, ‘possibilidade de programação’, ‘porcentagem de entregas no prazo’, ‘qualidade dos componentes recebidos’, ‘ângulo do corte’, ‘dimensões dos cortes’, ‘ângulo de moldagem’, ‘número de falhas/falta de conformidade’, ‘posicionamento dos componentes’, ‘resultado da avaliação dos processos de certificação’, ‘percentual de equipamentos bem embalados’ e ‘tempo de expedição’ (logística). As etapas do processo a eles relacionadas foram as mesmas da Matriz do Processo.

Após o desdobramento da matriz observou-se que os parâmetros do processo considerados mais importantes foram: ‘dimensões dos cortes’, ‘posicionamento dos

componentes’, ‘ângulo do corte’ e ‘número de falhas/falta de conformidades’, respectivamente.

5.5 Desdobramento dos recursos

Os itens referentes aos recursos humanos e infraestrutura são abordados pela Matriz de Recursos no modelo de Ribeiro et al. (2001). Esta possibilita relacionar diretamente os diferentes processos que fazem parte da fabricação do produto aos itens necessários ao seu desenvolvimento como infraestrutura e recursos humanos; e indiretamente estes mesmos itens podem ser relacionados às características de qualidade. Assim, de modo a atender os processos que constituem o sistema produtivo, listam-se equipamentos, componentes e pessoal necessários. Neste estudo, foi desdobrada a Matriz de Recursos Humanos separadamente da Matriz de Infraestrutura, para melhor definição da Matriz de Custos.

Após o desdobramento da Matriz de Recursos Humanos (Tabela 9), o supervisor da produção e os engenheiros de processo e de qualidade desempenham papéis cruciais para assegurar o atendimento das especificações do processo e, conseqüentemente, da qualidade do produto final.

		Recursos Humanos							
Etapas do Processo	<i>IPi*</i>	Engenheiro de Software	Engenheiro de Qualidade	Engenheiro de Processo	Engenheiro de Manutenção	Supervisor de produção	(...)	Anvisa	Inspeccionador
	Programação do software	83.07	9	3	3				
Recebimento de componentes	114.06		9	1					
Cortes de perfis de alumínio	249.79		3	9	3	9			
Cortes dos materiais de aço	85.81		3	9	3	9			
Cortes dos polímeros e tecidos	104.59		3	9	3	9			
Moldagem e acabamento dos cortes	77.72		3	9	3	9			
Montagem	180.86		3	9	1	9			
Acabamento	59.10		9			9			
Processos de certificação	35.74							9	9
Expedição	15.57								9
<i>Importância</i>		747.6	3903.9	6652.2	1734.6	6820.8		321.7	461.8
<i>Quantidade</i>		1	1	3	3	6		1	1
<i>Salário + Encargos</i>		5.5	5	4.5	4.5	3		0	1.5
<i>% Tempo dedicado</i>		0.5	1	1	0.2	1		1	1
<i>Custo mensal</i>		2.75	5	13.5	2.7	18		0	1.5

Tabela 9 - Visão parcial da Matriz dos Recursos Humanos

Já na Matriz dos Recursos de Infraestrutura (Tabela 10) percebe-se que o recurso ‘cortadeiras’ sobressaiu-se, seguido por ‘parafusadeiras’ e ‘soldadeiras’. Recursos esses essenciais para a execução dos processos de fabricação priorizados pela Matriz dos Processos (‘cortes de perfis de alumínio’ e ‘montagem’), que irão assegurar a qualidade das partes essenciais do produto final.

		Recursos de Infraestrutura							
Etapas do Processo	IPi*	Laboratório de informática	Área de estocagem	Cortadeiras	Calandras	Máquinas de costura	Parafusadeiras	Soldadeiras	Área de expedição
		Programação do software	83.07	9					
Recebimento de componentes	114.06		9						9
Cortes de perfis de alumínio	249.79			9					
Cortes dos materiais de aço	85.81			9					
Cortes dos polímeros e tecidos	104.59			9					
Moldagem e acabamento dos cortes	77.72			3	9	3			
Montagem	180.86						9	9	
Acabamento	59.10						3	3	
Processos de certificação	35.74								1
Expedição	15.57								9
<i>Importância</i>		747.6	1026.5	4194.9	699.5	233.2	1805.0	1805.0	1202.4
<i>Custo do Equipamento</i>		25	50	20	30	10	10	15	50
<i>Tempo de amortização (anos)</i>		5	10	8	5	5	4	5	12
<i>Custo de operação e manutenção (mês)</i>		2	2	1.5	1.5	1	1	1.5	1
<i>Tempo de uso (%)</i>		0.5	1	1	1	1	1	1	1
<i>Custo mensal</i>		3.5	7	4	7.5	3	3.5	4.5	5.2

Tabela 10 - Matriz dos Recursos de Infraestrutura

5.6 Custos do processo

O custo mensal de cada processo é abordado pela Matriz de Custos, elaborada a partir das matrizes de recursos humanos e de infraestrutura (RIBEIRO et al. 2001). Esta matriz substitui os pesos das células que estão numa escala de 1 a 9 por unidades monetárias. Observou-se que os processos ‘moldagem e acabamento dos cortes’, ‘montagem’, ‘cortes dos polímeros e tecidos’ e ‘acabamento’ obtiveram os maiores custos mensais. Na sequência, a importância e o custo de cada processo foram comparados (Figura 2) numa mesma escala, ou seja, os valores dos custos foram multiplicados por uma constante de modo que a sua soma

resultasse igual à soma das importâncias. Observando-se que, do ponto de vista da qualidade, deveria ser mantida a proporcionalidade entre os custos alocados a um determinado processo e a sua importância (RIBEIRO et al., 2001), deveriam ser aumentados os recursos para os seguintes processos: ‘montagem’, ‘programação do *software*’, ‘recebimento de componentes’, ‘corte de perfis de alumínio’ e ‘processos de certificação’. Pensando na necessidade de redução de custos, os processos visados seriam: ‘expedição’, ‘acabamento’, ‘cortes dos materiais de aço’, ‘moldagem e acabamento dos cortes’ e ‘cortes dos polímeros’.

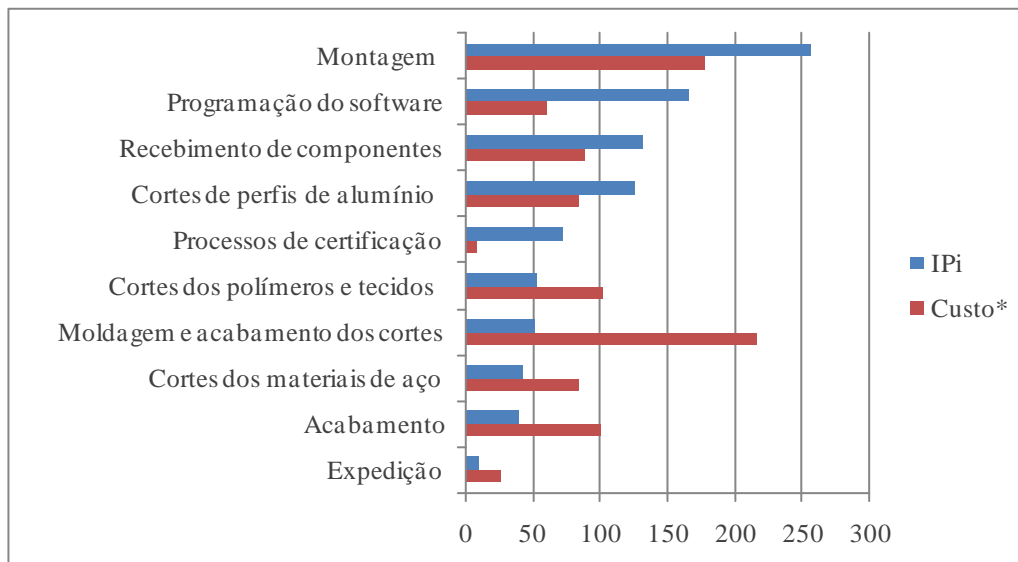


Figura 2 - Comparações entre a importância e o custo de cada processo

6. Conclusão

As tecnologias na área da saúde e, especificamente na fisioterapia auxiliam na qualificação do tratamento do paciente. Os equipamentos de CPM utilizados na reabilitação do cotovelo e antebraço são exemplos desta realidade. O Brasil tem a necessidade de investir no desenvolvimento destes equipamentos, inovando e agregando valor ao produto para competir no mercado internacional. Assim, este estudo objetivou apresentar a aplicação do método QFD num caso específico de desenvolvimento de um equipamento de CPM para a reabilitação, visando alinhar a qualidade do projeto às perspectivas dos clientes.

Para atingir este objetivo foram identificadas as necessidades dos clientes, desenvolvidas as matrizes da qualidade, do produto, das partes, das características das partes, do processo, dos parâmetros do processo, dos recursos humanos, de infraestrutura e de custos. Dentre os principais resultados, encontram-se entre os níveis secundários, o atributo ‘funções’ que possui a maior importância relativa do produto, desdobrada em ‘possibilitar amplitude fisiológica’, ‘programas assistivos, ativos e resistivos’, ‘funções programáveis’ e ‘interface simples’. Dentre os requisitos do cliente considerados mais importantes estão: movimentos harmônicos e interface simples, associados à ergonomia e funções, respectivamente.

Quando priorizadas as partes do produto, destacou-se: haste de sustentação, suporte do braço, suporte do antebraço, joystick e base de apoio. Os processos de fabricação do produto considerados essenciais foram os cortes de perfis de alumínio e montagem; em que os parâmetros do processo preponderantes são dimensões dos cortes, posicionamento dos componentes, ângulo do corte e número de falhas/falta de conformidades. O supervisor da

produção, e os engenheiros de processo e de qualidade são os recursos humanos prioritários para assegurar o atendimento das especificações do processo. Os recursos de infra-estrutura fundamentais são as ‘cortadeiras’, seguidas pelas ‘parafusadeiras’ e ‘soldadeiras’ que irão suportar o processo de fabricação, assegurar a qualidade das partes do produto e, conseqüentemente do equipamento. Por fim, comparando-se a importância e o custo de cada processo, precisam ser priorizados os recursos para os processos de montagem, programação do software, recebimento de componentes, corte de perfis de alumínio e processos de certificação.

Logo, considera-se que o modelo utilizado neste estudo possibilitou a transformação das necessidades dos clientes do equipamento de CPM em requisitos dos clientes, alinhando a qualidade do projeto às perspectivas dos clientes. Todo este desenvolvimento foi possibilitado pela utilização do modelo de QFD com oito matrizes, adaptado de Ribeiro et al. (2001). Como sugestões para pesquisas futuras tem-se a possibilidade de aplicação do mesmo modelo no desenvolvimento de outros produtos.

REFERÊNCIAS

AKAO, Yoji. **Introdução ao desdobramento da Qualidade**. Tradução de Zelinda Tomie Fujikawa e Seiichiro Takahashi. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

ALBUQUERQUE, E. M.; CASSIOLATO, J. E. As especificidades do sistema de inovação do setor saúde. **Revista de Economia Política**, vol. 22, n. 4 (88), outubro-dezembro/2002, p. 134-151.

ANDRIETTA, J. M. e MIGUEL P.A.C. Os benefícios da utilização do método QFD no desenvolvimento de produto em uma empresa que adotou o Seis Sigma. **Anais...** In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba – PR, ABEPRO, 23 a 25 de outubro de 2002.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BORGES, F. M.; RODRIGUES, C. L. P. Pontos passíveis de melhoria no método de projeto de produto de Pahl e Beitz. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 271-281, 2010, *Print version* ISSN 0104-530X.

CALLEGARO, A. M. **Desenvolvimento um Equipamento computadorizado de Movimentação Passiva Contínua para cotovelo e antebraço**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CALLEGARO, A. M. ; JUNG, C. F. e CATEN, C. S. t. Análise funcional e operacional de equipamentos de Movimentação Passiva Contínua para a reabilitação do cotovelo e antebraço, In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 13 a 14 de set. 2011.

COOPER, R. A. *et al.* A perspective on intelligent devices and environments in medical rehabilitation. **Medical engineering & physics**, vol. 30, p. 1387-1398, 2008, ISSN 1350-4533.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. – 4.ed. – São Paulo: Atlas, 2002.

HALLBERG, N.; JOHANSSON, M.; TIMPKA, T. A prototype computer network service for occupational therapists. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** 59 (1999) 45–54

HEBERT, S. *et al.* **Ortopedia e traumatologia: princípios e prática**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 1631 p.

KUO, R-J; WU, Y-H; HSU, T-S; CHEN, L-K. Improving outpatient services for elderly patients in Taiwan: A qualitative study. **Archives of gerontology and geriatrics**. v. 53, n. 2, 2011, p. 209-217

LENSSEN, T. A. F. *et al.* Effectiveness of prolonged use of continuous passive motion (CPM), as an adjunct to physiotherapy, after total knee arthroplasty. **BMC musculoskeletal disorders**, vol. 9, n. 60, 2008. Doi:10.1186/1471-2474-9-60.

LIU, S-F; LEE, Y.; H, Y. A brief fatigue inventory of shoulder health developed by quality function deployment technique. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery** (2009) 18, 418-423

MARTIN, J. L. *et al.* Capturing User Requirements in Medical Device Development: **The role of ergonomics, physiological measurement**, vol. 27, n. 8, p. R49-R62, 2006.

MAVROIDS, C. *et al.* Smart portable rehabilitation devices. **Journal of Neuroengineering and rehabilitation**, vol. 2, n. 18, p. 1-15, 2005.

MAZUR, G.; GIBSON, J.; BARRIES, B. QFD Applications in Health Care and Quality of Worklife. In: **International Symposium on Quality Function Deployment**, JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers), Tokyo Mar 1995.

RADHARAMANAN, R.; GODOY, L.P..Quality Function Deployment as applied to a health care system. **Computers ind. Engng** Vol 31, No. 1/2, pp. 443 -446,1996

RIBEIRO, J. L.D.; ECHEVESTE, M. E.; DANILEVICZ, Â. M. F. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços**. Porto Alegre, RS: FEENG/UFRGS, PPGEP/UFRGS, 2001

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006, 542 p.

SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. Análise de publicações sobre o QFD no desenvolvimento de serviços e produtos. In: **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002

SHINE, K. I. Technology and health. **Technology in society**, vol. 26, p. 137–148, 2004.

SILVA, J. A. Desempenho do sistema de medição. In: ENCONTRO PARA A QUALIDADE DE LABORATÓRIOS, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENQUALAB, 1a 3 de jun. de 2004.

SPERB, D. Q. **Desenvolvimento de dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores**, RS. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VOLPATO, L. F.; MENECHIM, M. C.; PEREIRA, A. C.; AMBROSANO, G. M. B.. Planejamento da qualidade nas unidades de saúde da família, utilizando o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). **Cad.Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 26(8):1561-1572, ago, 2010

ZAGO, M. A. A pesquisa clínica no Brasil. **Ciência e saúde coletiva** [online]. 2004, vol.9, n.2, pp. 363-374. ISSN 1413-8123.