

DEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE UMA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO DE MOVIMENTO DE AERONAVES E VEÍCULOS TERRESTRES

Augusto Alpe Coppetti, augusto.alpe@acad.ufsm.br¹
Bruno de Moura Carvalho, bruno.carvalho@acad.ufsm.br¹
Gabriela Bonugli, gabriela.bonugli@acad.ufsm.br
Jonathan Lunardi Oliveira, jonathan.lunardi@acad.ufsm.br¹
Lucas Bassaco Nogueira, lucas.bassaco@acad.ufsm.br¹
Luiz Sonaglio, luiz.sonaglio@acad.ufsm.br¹
César Gabriel dos Santos, cesar.g.santos@ufsm.br¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Prédio 10, Bairro Camobi. CEP 97105-900 - Santa Maria, RS.

Resumo. A simulação da realidade de forma virtual é um tema que vem ganhando espaço nos debates da comunidade interessada e a simulação de movimento traz consigo uma maior imersão ao usuário da tecnologia. Nesse contexto, na disciplina de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Sede, foi proposto o desafio de realizar a definição das especificações de projeto de uma plataforma de simulação de movimento aplicada a software de treinamento para pilotos de aeronaves e veículos terrestres para unir a teoria com a prática da engenharia. Para obter as especificações de projeto, foi realizada uma análise dos produtos disponíveis no mercado e a partir desses dados a equipe de projeto identificou os requisitos de cliente, os quais foram hierarquizados com a aplicação do Diagrama de Mudge e após traduzidos em requisitos de projeto, sendo então submetidos à ferramenta Quality Function Deployment (QFD). Por fim, foi elaborada uma matriz de especificações de projeto contendo os requisitos, valor meta, forma de avaliação e os aspectos indesejados. Como resultados, foram definidos dez requisitos de projetos, sendo os três de maior grau de importância a frequência de atualização de dados, a amplitude de movimento e o valor do produto. Conclui-se que os requisitos de projeto obtidos foram protagonistas em auxiliar a estimativa dos valores de desenvolvimento da plataforma, fazendo com que o produto final tenha uma maior afinidade com o cliente gerando uma satisfação e contentamento com o produto.

Palavras chave: Simulador de cockpit. Realidade virtual. Sistemas pneumáticos.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de realidade virtual já é consolidada no treinamento para futuros pilotos com o objetivo de capacitar o profissional até mesmo em condições adversas sem risco à integridade física. A tecnologia de simulação ultrapassou os muros das escolas de pilotagem e chegou aos jogos digitais de simulação com realidade virtual.

Estima-se que o segmento de jogos de realidade virtual e realidade aumentada tenha uma movimentação de US\$ 35 bilhões em 2025, onde US\$ 18,9 bilhões serão de consumidores comuns e US\$ 16,1 bilhões com aplicações na área da saúde, engenharia e educação buscando o aprendizado ativo pelos alunos (INSIDER, 2016).

Nesse viés, com o aumento da demanda de jogos virtuais, o interesse em ter cada vez mais tecnologia disponível em sua própria casa é muito atraente e tendo isso em vista, este trabalho tem o objetivo de definir

especificações de projeto de uma plataforma de simulação de movimento para ser utilizada com jogos de realidade aumentada, também podendo ajudar a promover os cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Aeroespacial ao apresentar projetos realizados no decorrer do curso de graduação.

Problema de engenharia: Para um projeto de uma plataforma de simulação como estabelecer as especificações de projeto que atendam as necessidades dos clientes relativo a simulação de movimento aéreo e terrestre?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi executada uma pesquisa de mercado para identificar os produtos comercializados, visando o levantamento de suas especificações de produto e assim, estabelecendo os requisitos de cliente. Com essas informações definidas, foram hierarquizados por meio da aplicação do Diagrama de Mudge, que consiste em uma

análise comparativa entre os requisitos de cliente, sendo atribuído um grau de importância relativo entre si (5 pontos para muito mais importante, 3 pontos para mais importante, 1 pouco mais importante). Após os requisitos de cliente hierarquizados, estes foram traduzidos para requisitos de projeto e então valorados por meio da aplicação da Matriz QFD. Por fim, foi elaborada uma matriz de especificações de projeto contando os requisitos, valor meta, forma de avaliação e os aspectos indesejados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir de uma busca minuciosa através da internet e redes sociais, para buscar modelos existentes com estrutura semelhante e funcionalidade da plataforma de simulação de movimento existentes no mercado, foram encontrados alguns modelos a serem comercializados atualmente. Destacam-se os produtos das empresas americanas *DOF Reality*; onde DOF (Degrees of Freedom = graus de liberdade); *Sim Experience* e no cenário nacional a *Kers Simulator*.

A primeira fabricante oferta, dentre outros produtos, o *Professional P2*, conforme ilustrado na Figura 1 a seguir:



Figura 1 - Plataforma de movimento *Professional P2*.

O modelo de simulador de movimento apresenta somente duas direções de movimento (dois graus de liberdade), fazendo somente os movimento lateral (*Roll*) e movimento frontal-traseiro (*Pitch*). O conjunto funciona com motores elétricos, com somente a estrutura e componentes funcionais, excluindo a inclusão de equipamentos como monitores, pedais, banco, volante entre outros, tem como valor atual \$2339,00 (equivalente a R\$ 12.373,31 para uma cotação de 1 dólar = R\$ 5,29). Ressalta-se neste caso, que não estão inclusos os custos e tributos de importação.

No Brasil, identificou-se a empresa paranaense *Kers Simulator* que oferta um modelo de plataforma de simulação de movimento de menor custo da *Kers* catalogado por *Base Motion Kers - Padrão*, conforme a Figura 2.



Figura 2 - Base Motion Kers - Padrão.

Esse modelo é oferecido somente com a plataforma de movimentação, sem nenhum tipo de suporte a bancos, cockpit, monitores e outros acessórios ao custo de R\$ 11.500,00. Essa é uma proposta para partir do zero e se assemelha muito com o desafio da equipe de projeto desse desenvolvimento.

Adentrando um pouco mais no estado da arte, destaca-se ainda a fabricante *Sim Experience* com o modelo *Stage 5 Full Motion Racing Simulator*, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3 - *Stage 5 Full Motion Racing Simulator*

O modelo ilustrado acima, além dos sistemas apresentados no modelo *4DOF Extreme 4x4 / Panoramic racing simulator*, possui melhorias, como monitores maiores, sistema de som de maior qualidade e potência, opcionais como almofadas no banco que inflam conforme a força G, motores nos cintos de segurança que tensionam dando a sensação de força “G”, entre outros diferenciais como acabamento e integração com *softwares* de personalização de computador. Seu preço sem os opcionais é de \$24.999,00 (R\$132.244,71 para uma cotação de 1 dólar = R\$ 5,29) e com os opcionais, o valor muda para \$28.999 (R\$ 153.404,71 para uma cotação de 1 dólar = R\$ 5,29). Ambos valores com envio incluso e com montagem por conta do comprador.

Com estas informações foram obtidos os requisitos do cliente que são: 1- Número de variáveis aquisitadas, 2- Frequência de atualização de dados (s), 3 - Número de acessórios compatíveis, 4 - Graus de inclinação da plataforma (<math><10^\circ</math>), 5 - Quantidade de acessórios similares aos reais, 6 - Número de partes móveis, 7 - Quantidade de acessórios ergonômicos, 8 - Valor do produto (R\$), 9 - Quantidade de procedimentos para funcionamento, 10 - Número de calibrações periódicas.

Para compreender o grau de relevância e ordem de prioridade desses requisitos, utilizou-se o Diagrama de Mudge (figura 6).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	TOTAL(%)		
1	2A	1C	1A	1C	1B	1B	1A	1B	1B	24	18,46		
	2	2C	2B	2C	2B	2C	8A	2C	2B	30	23,08		
		3	4B	3B	6B	7A	8C	9A	10B	3	2,31		
			4	4B	4B	4A	4A	9A	4A	13	10,00		
				5	6B	7B	8B	9C	10C	0	0,00		
					6	7A	8C	9C	10B	6	4,62		
						7	8B	7A	7A	7	5,38		
							8	8B	8A	21	16,15		
								9	9B	15	11,54		
Legenda										10	11	8,46	
Letra										Valor		Valor Numérico	
A										Pouco mais importante		1	
B										Medianamente mais importante		3	
C										Muito mais importante		5	
										130		100,00	

Figura 6 - Diagrama de Mudge

Como requisitos de projeto a equipe estabeleceu os seguintes: 1 - Aquisitar dados diretamente da simulação; 2- Ter baixa latência de resposta; 3 - Suportar acessórios; 4 - Ter amplitude de movimento adequada; 5 - Conter acessórios similares aos reais; 6 - Ter poucas partes móveis; 7 - Possuir acessórios ergonômicos; 8 - Ter baixo custo; 9 - Ser *plug and play*; 10 - Dispensar calibrações periódicas. Desse modo elaborou-se a seguinte Matriz QFD conforme Figura 7 a seguir:

R.P./R.C.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Vc
1	∅	∅	∅	∅		∅		∅	∅	∅	8,88
2	∅	∅	∅	Δ		Δ		∅		Δ	12,43
3	∅	∅	∅	Δ	∅	∅	∅	∅	∅	∅	13,02
4	∅	Δ	Δ	∅	Δ	∅	∅	∅	∅	∅	20,12
5	∅	∅	∅	Δ	∅	∅	∅	∅	∅	Δ	10,65
6	∅	Δ	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	19,53
7			∅	Δ	Δ	Δ	∅	∅		Δ	2,95
8	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	4,73
9	∅		∅	∅	Δ	∅		∅	∅	∅	7,69
10	∅	Δ	∅	∅	Δ	∅	Δ	∅	∅	∅	0,00
Total	311,28	208,91	316,56	310,66	231,35	358,00	345,54	494,10	257,40	281,08	3114,88
Hierarquia	4	3	9	2	10	7	5	1	8	6	
Legenda											
Símbolo		Valor		Valor numérico							
Δ		Pouco Relacionado		1							
∅		Medianamente Relacionado		3							
∅		Muito Relacionado		5							

Figura 7 - Matriz QFD

A partir da análise do Diagrama Mudge e da Matriz QFD é possível observar que o requisito mais relevante é a frequência de atualização de dados, sendo que este parâmetro permite uma experiência mais fidedigna. Outros dois parâmetros importantes são: a amplitude de movimento, segundo a voz do cliente, e o valor do

produto, representando o parâmetro que com maior relação com todos os outros requisitos.

4. CONCLUSÃO

Com a metodologia realizada, foi possível obter requisitos coerentes que servirão de guia para o projeto do produto a partir da pesquisa realizada. Os requisitos de projeto foram protagonistas em auxiliar a estimativa dos valores ao desenvolvimento da plataforma, fazendo com que o produto final tenha uma maior afinidade com seu potencial público gerando uma satisfação e contentamento com o produto, de forma que ele atenda a todos ou maior parte dos requisitos solicitados. Sendo assim, a concepção preliminar contribuiu para o desenvolvimento do produto no estado da arte, gerando um projeto com alto potencial de nicho em relação aos produtos disponíveis no mercado.

É notório também que o estabelecimento das especificações de projeto possibilita o direcionamento dos esforços de engenharia mais eficaz em pontos críticos do projeto, diminuindo assim o tempo total gasto e consequentemente os custos como o projeto. Esforços de engenharia bem alocados normalmente resultam em produtos mais eficientes e menores índices de falhas.

5. REFERÊNCIAS

BACK, N. et al. Projeto Integrado de Produto: planejamento, concepção e modelagem, 1ª ed. Barueri, Editora Manole, 2008.

Guia PMBOK. Guia de conhecimento em gerenciamento de projetos. Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

INSIDER, Business. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/goldman-sachs-vr-and-ar-market-size-and-segmentation-2016-4?utm_source=feedly&utm_medium=webfeeds> Acesso em: 12 de Setembro de 2022.

PAHL, G.; BEITZ, W. Engineering Design a systematic approach. Londres: The Design Council, 1988.