

# ANÁLISE NUMÉRICA DAS TENSÕES MECÂNICAS EXERCIDAS PELO MÓDULO DE LIMPEZA NO CHASSI DE UM ROBÔ

Marcos Moussalem de Andrade<sup>1</sup>; Rodrigo Santiago Coelho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de eng. Mecânica, bolsista Iniciação Tecnológica pelo SENAI CIMATEC - BA; PDI EMBRAPII; marcos.moussalem@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor e pesquisador líder do instituto SENAI de inovação em conformação e união de materiais; rodrigo.coelho@fiob.org.br

## RESUMO

Para desenvolver componentes mecânicos faz-se necessário a análise dos requisitos básicos de funcionamento e a idealização do design mecânico do mesmo. O objetivo desse trabalho é demonstrar parte de um trabalho de pesquisa relacionado ao design mecânico desenvolvido no projeto MCCR (Mec Combi Crawler Robot). Para realizar o trabalho, foram utilizadas simulações numéricas (SolidWorks® e ferramentas de análise de dados) para criar e modelar o design do componente de fixação do modulo de limpeza de uma plataforma robótica. Os resultados preliminares indicam que o design mecânico desenvolvido atendeu os requisitos de funcionalidade do componente, gerando desenhos técnicos para fabricação das peças a serem utilizadas na montagem do protótipo robótico.

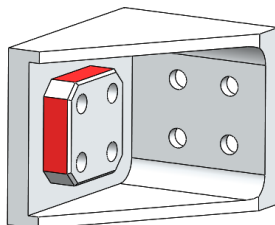
**PALAVRAS-CHAVE:** Knee Joint, Lifter Arm, Modulo de limpeza, Design mecânico.

## 1. INTRODUÇÃO

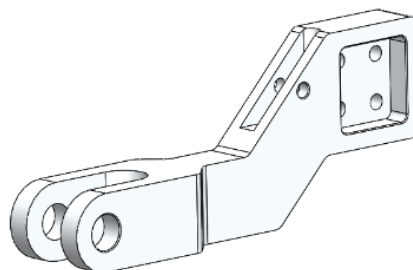
Recentemente, a utilização de veículos não tripulados está aumentando significativamente em diversos setores com o objetivo principal de aprimorar o desempenho das atividades e para substituir a intervenção humana em trabalhos de risco. O projeto *Mec Combi Crawler Robot* (MCCR) desenvolvido pelo SENAI CIMATEC em parceria com a Shell, tem como objetivo construir um protótipo robótico autônomo com capacidade para inspecionar e limpar o casco de navios FPSO pela parte externa do navio. Com o passar do tempo, essas embarcações flutuantes passam a apresentar um crescimento significativo de incrustações que prejudicam a eficiência energética e funcional do ativo. As incrustações mais comuns são compostas por animais de corpo duro como cracas, mexilhões, vermes tubulares e briozoários. Com o objetivo de remover essas incrustações sem danificar o revestimento presente no casco do navio, o modulo de limpeza precisa ser projetado para garantir os requisitos e a funcionalidade do robô.

Esse documento apresenta as simulações relacionadas com a elaboração do design mecânico utilizado na fixação do sistema mecânico de limpeza do protótipo MCCR. O conjunto mecânico é composto pelos componentes *Knee Joint* e *Lifter Arm* (Figura 01 (a) e (b) respectivamente) que permitem a integração da ferramenta de limpeza com o chassi do robô (Figura 01 (c)) O seu propósito é fixar a ferramenta de limpeza no chassi do robô e suportar as tensões mecânicas exercidas pela ferramenta.

(a)



(b)



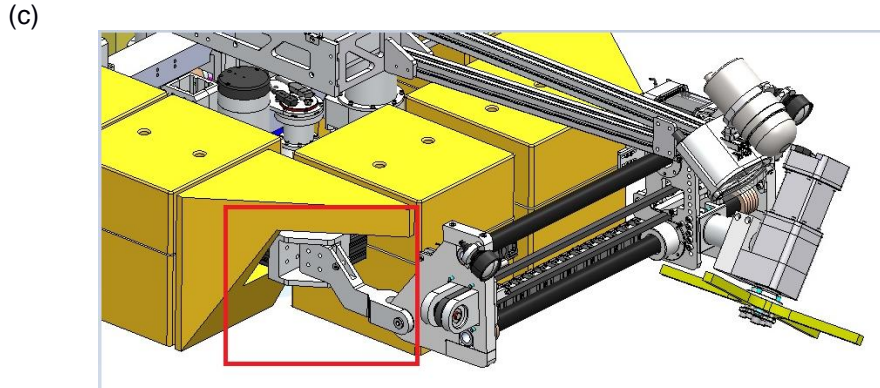


Figura 01 – Detalhes do conjunto mecânico proposto para fixação do módulo de limpeza no chassi do robô MCCR.

### 3. METODOLOGIA

Uma vez definido o design das peças (Figura 01) é necessário a validação do sistema como um todo. Essa validação é feita utilizando duas simulações mecânicas. A primeira simulação avalia a resistência mecânica do conjunto e a segunda a resistência dos elementos de fixação dos componentes. Com a validação das simulações o conjunto é aprovado e finalizado. Esse trabalho contempla as duas simulações mecânicas feitas nesses componentes e foram realizadas através do software de engenharia Solidworks® considerando a análise de elementos finitos.

A análise foi feita no conjunto apresentado na Figura 02 onde a parte crítica da montagem são os quatro parafusos M10 que fixam as peças *Lifter Arm* e *Knee Joint* (Figura 01 (a) e (b) respectivamente). É necessário adicionar um ajuste de montagem para reduzir a força de cisalhamento que atua nos parafusos. Esse ajuste de montagem pode ser visto em vermelho na Figura 01 (a). A simulação estática do componente foi realizada levando-se em consideração os parâmetros apresentados na Tabela 01.

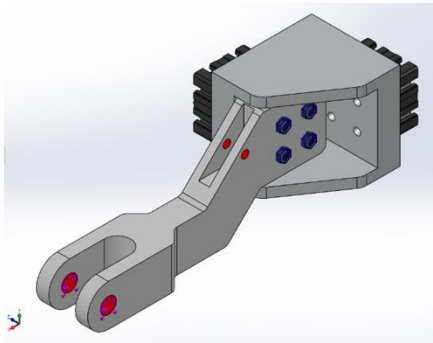


Figura 02 – Desenho mecânico de montagem dos componentes *Knee Joint* + *Lifter Arm*.

Tabela 01 – Parâmetros utilizados na simulação estática.

Tamanho de Malha	Tolerância	Penetração	Força Aplicada	Material	Parafuso	Rosca	Torque	YS parafuso	Fricção
4	0,2	Sem	1500 N	7075 T6 AA	M10	1,75	20 Nm	620 MPa	0,2

### 3. RESULTADOS

Considerando que todo o módulo de limpeza pesa aproximadamente 80 kg e que esses esforços devem ser divididos por dois conjuntos de braços referente a Figura 03, cada conjunto composto pelas peças *Knee Joint* e *Lifter Arm* deveriam suportar uma carga estática de 40 kg. Porém, para considerar outros aspectos referentes a forças não incluídas na simulação estática e garantir a confiabilidade do módulo, a força introduzida em cada braço foi de 150 kg.

A simulação abaixo (Figura 03) demonstra a resistência mecânica das peças envolvidas. Considerando os parâmetros apresentados, a tensão máxima de *Von Mises* calculada foi de 200 MPa, apresentando um fator de segurança do conjunto de aproximadamente 2,5.

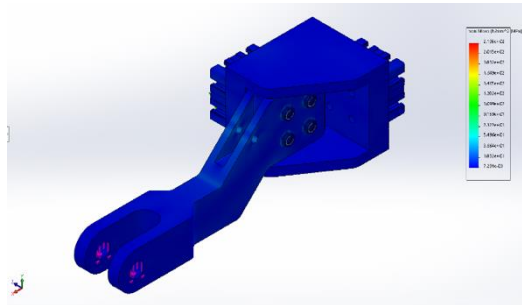


Figura 03 – Simulação estática e resistência mecânica do conjunto.

A segunda simulação avalia a resistência mecânica dos elementos de fixação envolvidos e é apresentada na Figura 04. Para essa simulação foram utilizados quatro parafusos M10 com limite de escoamento de 620 MPa e torque de aperto de 20 Nm com os mesmos parâmetros apresentados anteriormente. Essa simulação apresentou um fator de segurança de 4,6.

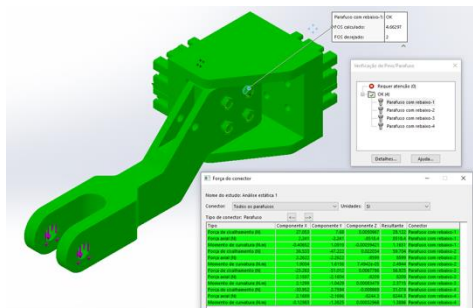


Figura 04 – Simulação dos elementos de fixação

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentaram valores satisfatório, contudo, como a força introduzida no sistema foi muito maior do que a força real esperada, os fatores de segurança encontrados indicam uma possível troca de material para um menos resistente ou uma redução da espessura na geometria do conjunto. O mesmo se aplica para os elementos de fixação, que podem ser substituídos por uma classe menos resistente ou por parafusos de menor seção transversal. Essas análises estão sendo consideradas na seleção de materiais e na fabricação do protótipo da ferramenta.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao SENAI CIMATEC, Shell, ANP e EMBRAPPII pela oportunidade do bolsista trabalhar em um projeto disruptivo de inovação e pelo financiamento da bolsa. O bolsista agradece ao Eng. Henrique Hafner pelo tempo disponibilizado e grandes ensinamentos e ao orientador Rodrigo Santiago Coelho pela oportunidade de participar em um projeto de grande porte como o MCCR.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] Becker, W. T. and Shipley, R. J. 1990. Volume 19: Fatigue and Fracture.: ASM Handbook, 1990.  
[2] Pimenta, P. de M. Fundamentos da Mecânica dos sólidos e das estruturas. São Paulo: USP, 2006.  
[3] Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., Zhu, J.Z. 2005. Finite Element Method - Its Basis and Fundamentals (6th Edition). Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.