

Estudo e Projeto Inicial de Bancada de Torque para Uso em Linhas de Montagem

Study and Preliminary Design of a Torque Bench for Use in Assembly Lines

Joel Santana Barros de Lima Cipriano ^{1, i}
Thamirys de Souza Zillig ^{2, ii}
Higor Augusto mota da silva ^{3, iii}
Francisco Pereira Arruda Junior ^{4, iv}
Josué Farah ^{5, v}

Data de submissão: (15/08/2025) Data de aprovação:

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e os resultados parciais do projeto de conclusão de curso dos alunos do curso superior em Tecnologia em Mecânica de Precisão, que aplica conceitos e técnicas da mecânica para o desenvolvimento de uma bancada torciométrica. O objetivo é reformar e reaproveitar a Bancada de Torque USMESS, com faixa de 10 a 500 Nm, da empresa MWM Motores e Geradores. A metodologia adotada envolveu pesquisa teórica sobre bancadas de torque, modelagem 3D e validação do projeto junto à empresa, garantindo um modelo adequado às necessidades. A interação dos alunos com a MWM, por meio de reuniões técnicas, foi fundamental para o aprimoramento da proposta. Quando concluído, o projeto será aplicado à verificação de torquímetro utilizados nas linhas de montagem da empresa.

Palavras-chave: Bancada torciométrica; Torquímetro; calibração.

ABSTRACT

This article presents the development and partial results of the final course project of students from the Higher Education Program in Precision Mechanics Technology, which applies mechanical concepts and techniques to the development of a torque measurement bench. The objective is to refurbish and reuse the USMESS Torque Bench, with a range of 10 to 500 Nm, from the company MWM Motores e Geradores. The adopted methodology involved theoretical research on torque benches, 3D modeling, and project validation with the

¹ Graduando de Tecnologia em Mecânica de Precisão da Faculdade SENAI-SP Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. E-mail: joel.cipriano@senaisp.edu.br

² Graduando de Tecnologia em Mecânica de Precisão da Faculdade SENAI-SP Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. E-mail: thamirys.zillig@senaisp.edu.br

³ Graduando de Tecnologia em Mecânica de Precisão da Faculdade SENAI-SP Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. E-mail: hgoraugustosilva2018@gmail.com

⁴ Graduando de Tecnologia em Mecânica de Precisão da Faculdade SENAI-SP Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. E-mail: francisco.arruda2@senaisp.edu.br

⁵ Docente e Mestre em Ciências da Faculdade SENAI-SP Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. E-mail: josue.farah@sp.senai.br

company, ensuring a design suited to its needs. The interaction between the students and MWM, through technical meetings, was essential for refining the proposal. Once completed, the project will be applied to the verification of torque wrenches used in the company's assembly lines.

Keywords: Torque bench; Torque wrench; Calibration.

1 INTRODUÇÃO

O uso de torquímetros é essencial na indústria para garantir a qualidade e a segurança em processos de montagem e manutenção de equipamentos. Para assegurar a precisão desses instrumentos, utilizam-se bancadas torciométricas, desenvolvidas conforme a norma ISO 6789:2017, que estabelece critérios de calibração, limites de tolerância e métodos de medição. Essas bancadas são aplicadas na verificação e calibração de torquímetros e ferramentas de aperto controlado, especialmente em processos críticos como a montagem de motores e geradores.

A MWM Tupy, referência no setor de motores e geradores, identificou a necessidade de modernizar uma bancada torciométrica antiga para atender à demanda de produção com maior eficiência. Nesse contexto, em parceria com o SENAI Suíço-Brasileira, surgiu o desafio do Trabalho de Conclusão de Curso do Superior de Tecnologia em Mecânica de Precisão: desenvolver melhorias na bancada existente, visando otimizar a estrutura da bancada, com foco na verificação de torquímetros do tipo estalo com capacidade de 0 a 500 N·m.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O torque, também denominado momento de força, é uma grandeza física essencial na mecânica aplicada, responsável por descrever a tendência de rotação de um corpo em torno de um ponto fora da linha de ação da força aplicada (SILVA, 2021; HIBBELER, 2011). Seu valor depende da magnitude da força e da distância perpendicular entre o ponto de aplicação e o eixo de rotação, sendo expresso pela relação:

$$\tau = F \cdot d$$

Onde τ representa o torque, F a força aplicada e d a distância perpendicular.

A medição precisa de torque, viabilizada pelo torquímetro criado por Conrad Bahr em 1918, evoluiu de modelos mecânicos a versões digitais integradas a sistemas automatizados. Entre os principais tipos estão: estalo, quebra, indicação, digitais, pneumáticos e multiplicadores (HEAMAR, 2023; INMETRO, 2005a; GEDORE, 2025).

Para assegurar a confiabilidade das medições, a calibração é fundamental, sendo regida por normas como a ISO 6789:2017 e a NBR 12240. Essas normas definem requisitos de tolerância, métodos de aplicação de carga e critérios de aceitação, garantindo que os torquímetros mantenham desempenho adequado ao longo do tempo (DOMINGUES et al., 2010; ABNT, 2017). A calibração pode ser realizada por métodos primários, com aplicação de massas conhecidas, ou por sistemas baseados em transdutores, que convertem o torque em sinal elétrico (DANTAS, 2007).

Na Indústria 4.0, os torquímetros integram-se a redes inteligentes, permitindo

monitoramento em tempo real, rastreabilidade e análise de juntas, como no caso do modelo STwrench da Atlas Copco (ATLAS COPCO, 2025) (Figura 1-B). Para suportar esse avanço, utilizam-se bancadas torciométricas robustas, dotadas de células de carga, sistemas de fixação precisos, proteção ergonômica e conformidade normativa (FIALHO; CUNHA; HIRT, 2014). Essas bancadas podem ser móveis, com rodízios de alta resistência, e abrigar sistemas computacionais para controle e registro dos ensaios (SCHIOPPA, 2025; M SHIMIZU, 2022). (Figura 1-A e 1-C).

Figura 1- Bancada Série: MSH-2810 (A), Torquímetro STwrench (B), Roda C-Celeron (C).



Fonte: MShimizu catálogo, Atlas Copco, Torquímetro STRwrench, (SCHIOPPA catálogo).

Eixos, parafusos, juntas, chavetas, pinos, mancais e guias lineares garantem estabilidade, precisão e durabilidade às bancadas (SHIGLEY, 2016; NOVASKI, 2021). O estudo de torque, torquímetro, calibração e bancadas é essencial para a qualidade e segurança em setores como o automobilístico e o de geração de energia

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto iniciou-se com a divisão da equipe em dois grupos: um responsável pela documentação e pesquisa, e outro pela modelagem 3D e elaboração da lista de materiais. Adotou-se a metodologia ágil, caracterizada pela rápida adaptação a mudanças e pela coleta contínua de feedback do cliente. Essa abordagem possibilitou a entrega de valor de forma iterativa e incremental, otimizando os fluxos de trabalho e aumentando a eficiência do processo.

Paralelamente, foram realizadas duas visitas à empresa MWM, cliente do projeto, com o objetivo de conhecer a bancada em que a solução será aplicada, bem como coletar medições e dados técnicos relevantes. As Figuras 2 e 3 apresentam registros da equipe durante a visita à empresa e à bancada.

Figura 2- Alunos SENAI (A), coletando medidas da bancada (B) e (C)



Fonte: Autor

Figura 3- Componentes Bancada (A, B, C e D)



Fonte: Autor

Na segunda visita, conhecemos a nova bancada da Atlas Copco, o que inspirou ideias para o desenvolvimento da nossa estrutura.

Figura 4- Motores, proteção, elétrica, células de carga (A, B)



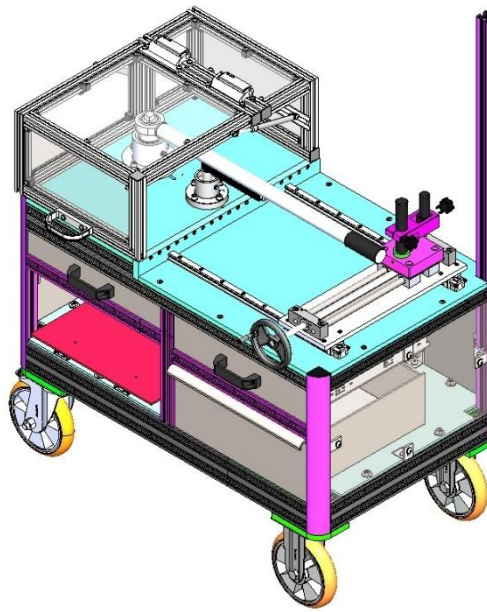
Fonte: Autor

Após essa etapa, recebemos em nossa faculdade a bancada fornecida pela empresa MWM. Iniciamos então sua desmontagem, a coleta de dimensões e a organização da lista de materiais, juntamente com a modelagem 3D.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento das atividades ocorreu de forma fluida. Elaboramos um modelo CAD da nossa bancada e, antes de prosseguir, realizamos uma reunião com a empresa para apresentar o progresso. A partir desse encontro, recebemos orientações e ajustes a serem implementados na estrutura, na proteção e nos movimentos dos eixos da bancada. Essas discussões foram fundamentais para garantir que o projeto permanecesse fiel às necessidades da empresa. A evolução da bancada pode ser observada na imagem abaixo.

Figura 5- Modelo CAD da bancada Torciométrica



Fonte: Autor

Durante a modelagem, buscou-se desenvolver o projeto alinhado às pesquisas realizadas e às sugestões apresentadas pelo próprio cliente. Aspectos como a proteção, os rodízios, a estrutura, a movimentação nos eixos X e Y e a instalação das células de carga foram definidos com base em estudos e recomendações surgidas nas reuniões e pesquisas. Esses elementos foram cruciais para a configuração do modelo atual.

A validação do projeto contou com a participação direta do cliente, que forneceu um excelente feedback e demonstrou satisfação com os resultados obtidos. O ponto culminante deste trabalho será a entrega final à empresa, prevista para o final deste ano. Espera-se que o projeto contribua para fortalecer o relacionamento entre o SENAI e a indústria.

5 CONCLUSÃO

O projeto de reforma e reaproveitamento da bancada torciométrica da MWM demonstrou avanços significativos até o momento. A partir de pesquisas teóricas, modelagem 3D e validação junto ao cliente, foi possível desenvolver uma proposta alinhada às necessidades da empresa, garantindo precisão, ergonomia e robustez à estrutura. O uso da metodologia ágil contribuiu para ajustes rápidos e eficientes, fortalecendo a colaboração entre a equipe acadêmica e a indústria.

Os resultados parciais incluem a elaboração de um modelo CAD funcional, a definição dos principais componentes e a incorporação de melhorias sugeridas pela MWM, como ajustes na proteção, nos sistemas de movimentação e na instalação das células de carga. O feedback positivo da empresa confirma que o projeto está no caminho certo para atender aos requisitos técnicos e operacionais exigidos para a calibração de torquímetros.

Para as próximas etapas, prevê-se a montagem física da bancada, a realização de testes de desempenho e a implementação de eventuais ajustes finais. Espera-se que, com essas melhorias, a bancada apresente maior durabilidade, segurança e precisão, contribuindo diretamente para a qualidade dos processos de montagem e para o fortalecimento da parceria entre o SENAI e a MWM.

REFERÊNCIAS

1. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. ISO 6789:2017 –
2. **ATLAS COPCO**. STwrench: o torquímetro para a Indústria 4.0. Disponível em: <https://www.atlascopco.com/pt-br/itba/products/assembly-solutions/connected-tools/stwrench>. Acesso em: 9 abr. 2025.
3. **ATLAS COPCO**. Torquímetro STRwrench – Controle de Qualidade em Aperto. Disponível em: <https://www.atlascopco.com/pt-br/itba/products/assembly-solutions/quality-assurance-in-tightening-and-fastening/wrenches/stwrench>. Acesso em: 9 abr. 2025.
4. **BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K.** Elementos de máquinas de Shigley. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
5. **DANTAS, A. B.** Desenvolvimento e avaliação de padrão de torque para calibração de torquímetros em três faixas de medição. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
6. **DOMINGUES, S. M. P. et al.** Principales características de un sistema de calibración de torquímetros. Información Tecnológica, v. 21, n. 4, p. 97–107, 2010.
7. **FERRAMENTAS de torque manuais – Requisitos e métodos de ensaio**. Genebra: ISO, 2017.
8. **FIALHO, L. F. L.; CUNHA, V. C. da; HIRT, W. E. D.** Simulação e projeto de células de carga. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Elétrica, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274251429>. Acesso em: 13 abr.2025
9. **GEDORE**. Catálogo de ferramentas. Disponível em: <https://novo.carlsons.com.br/wp-content/uploads/2024/12/multiplicadordetorque.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2025.
10. **GEDORE**. Torquímetros: DREMOMETER-B. Disponível em: http://www.gedore.com.br/exibe_produtos_sql.asp?item=650. Acesso em: 13 abr.2025.
11. **GEDORE**. Torquímetros: Torquímetro Tipo T. Disponível em: http://www.gedore.com.br/exibe_produtos_sql.asp?item=625. Acesso em: 13 abr.2025.
12. **HEAMAR**. Everything you need to know about a torque wrench. 14 jun. 2023. Disponível em: https://www.heamar.co.uk/blog/everything-to-know-about-torque-wrench?srsId=AfmBOorf9qs-JlIOi3e7gn0BPEP_MCqzp4kCDnUfqhgKhSEuVbFdGnvq. Acesso em: 13 ago. 2025.
13. **HIBBELER, R. C.** Mecânica vetorial para engenheiros: estática. 11. ed. São Paulo:

- Pearson Prentice Hall, 2011.
14. **INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.** Curso de metrologia de torque: calibração e normas técnicas. 2005. 42 p.
 15. **M SHIMIZU.** Catálogo de produtos MShimizu 2022. São Paulo: MShimizu, 2022. Disponível em: https://mshimizu.com.br/wp-content/uploads/2022_MShimizu_Catalogo.pdf. Acesso em: 21 maio 2025.
 16. **NOVASKI, O.** Introdução à engenharia de fabricação mecânica. São Paulo: Blucher, 2021.
 17. **SCHIOPPA Rodas e Rodízios do Brasil.** Catálogo geral: rodízios e rodas. 111. ed. São Paulo, 2025. Disponível em: https://www.schioppa.com.br/wp-content/uploads/2025/01/01_previews_V111_PT-BR_compressed.pdf. Acesso em: 23 abr. 2025.
 18. **SILVA, L. A. G. T.** Do conceito do torque ao seu efeito. Revista Iluminart, Sertãozinho, v. 6, n. 2, p. 1–10, 2021. Disponível em: <http://revistailuminart.ti.srt.ifsp.edu.br/revistailuminart/index.php/iluminart/article/view/282>. Acesso em: 13 abr.2025

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa MWM Motores e Geradores pela disponibilização da bancada e pelo apoio técnico durante o desenvolvimento deste projeto. Ao SENAI Suíço-Brasileira, pela estrutura, orientação e incentivo à aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. Ao nosso orientador, professor e mestre Josué Farah, pela dedicação, apoio e valiosas orientações que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho. E, por fim, aos colegas e professores, pela colaboração, empenho e troca de experiências ao longo de todas as etapas do projeto.

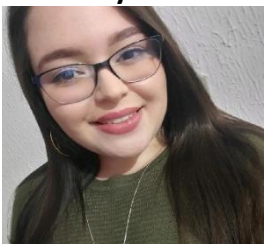
Sobre os autores:

ⁱ Joel Santana Barros de Lima Cipriano



Técnico em Mecânica de Precisão pelo SENAI Suíço-Brasileira, cursando o Superior na mesma área (6º semestre) e bolsista da AESB. Experiência em usinagem, manufatura aditiva, automação e programação de CLP. Domínio de CAD/CAM (TopSolid, Inventor, SolidWorks) e ferramentas de melhoria de processos. Atua no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares como Técnico Mécânico.

ⁱⁱ Thamirys de Souza Zillig



Cursa graduação em Tecnologia em Mecânica de Precisão na Faculdade SENAI-SP, Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. Possui experiência na área de metrologia, conhecimento em CNC e manufatura aditiva, e ferramentas de melhoria de processos.

iii Higor Augusto mota da silva

Técnico em Mecânica de Precisão, com mais de 7 anos de experiência em desenvolvimento e fabricação de produtos industriais nos setores de gás, automotivo, hidráulico e saneamento. Cursa graduação em Tecnologia em Mecânica de Precisão no SENAI-SP e atua como Desenhista Mecânico na BIOSIS, elaborando projetos e detalhamentos de equipamentos para tratamento de água e efluentes.

iv Francisco Pereira Arruda Junior

Cursa graduação em Tecnologia em Mecânica de Precisão na Faculdade SENAI-SP, Campus Suíço-Brasileira Paulo Ernesto Tolle. Possui conhecimentos de metrologia, conhecimento em CNC e manufatura aditiva, e ferramentas de melhoria de processos.

v Josué Farah

Possui graduação em Engenharia, Graduação em Projetos Mecânico com especialização em Engenharia de Produção pela Faculdade UNINTER (2014), e Mestrado em Engenharia Metalúrgica (2024) pela Universidade de São Paulo USP. Atualmente é professor da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica, lecionando as disciplinas de Projetos, CNC, Simulação de Elementos Finitos, Integração de componentes mecânicos e Gestão de produtos no curso Tecnológico em Mecânica de Precisão. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Projetos e Processos.