



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



BENCHMARKING NA INDÚSTRIA DE MOLDES DE VULCANIZAÇÃO DE PNEUS DO BRASIL COM OUTROS PAÍSES

LAYSE ALVES SAVORDELLI - layse.savordelli@aluno.ufabc.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - UFABC

ALBERTO LIMA SANTOS - alberto.santos@sp.senai.br
INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO EM MATERIAIS AVANÇADOS E
NANOCOMPÓSITOS – ISI MAN

LUCAS NODARI GOMES DA SILVA - lucas.gsilva@sp.senai.br
INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO EM MATERIAIS AVANÇADOS E
NANOCOMPÓSITOS – ISI MAN

UGO IBUSUKI – ugo.ibusuki@ufabc.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC – UFABC

ERIK GUSTAVO DEL CONTE - erik.conte@ufabc.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC – UFABC

ÁREA: 1. - ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO
SUBÁREA: 1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: ESTA PESQUISA BUSCA DESCREVER QUAIS SÃO AS MELHORAS PRÁTICAS REALIZADAS PELAS EMPRESAS DE MANUFATURA DE MOLDE DE VULCANIZAÇÃO DE PNEUS, POR MEIO DE UMA PESQUISA DE MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL, A FIM DE REALIZAR O BENCHMARKING E COMPREENDER O QUE ESSAS EMPRESAS TÊM FEITO, COM A FINALIDADE DE TORNAR MAIS COMPETITIVO O SETOR DE FERRAMENTARIAS BRASILEIRO. FORAM MAPEADAS 25 E REALIZADA UMA PESQUISA EXTENSIVA NOS SITES DESSAS EMPRESAS, PARA A COLETA DE DADOS. A MAIORIA DAS EMPRESAS SÃO CHINESAS O QUE RESSALTA A FORÇA DA ÁSIA NESSE SETOR.

PALAVRAS-CHAVES: BENCHMARKING; MOLDE DE VULCANIZAÇÃO; PNEUS.

1. INTRODUÇÃO

O antigo programa Rota 2030, atualmente chamado Mover, é uma iniciativa do Ministério da Economia do Brasil e possui três linhas de desenvolvimento: “Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas”; “Biocombustíveis, Segurança e Propulsão Veicular” e “Conectividade Veicular”. Segundo o site da Fundação de Apoio da UFMG (2024), instituição que atua como coordenadora, a linha “Ferramentarias Brasileiras mais Competitivas” tem como objetivo solucionar as dificuldades de ferramentarias com baixa produtividade e defasagem tecnológica, capacitando a cadeia ferramental de produtos automotivos para atingir competitividade em nível mundial. Haja vista que, no cenário brasileiro, segundo a Associação Brasileira de Veículos Automotores (AVEP Brasil, 2024), o Brasil possui a quarta maior malha rodoviária do mundo, com uma extensão de mais de 1,7 milhão de quilômetros de estradas, o que implica na necessidade de produção de pneus radiais adequados à realidade brasileira. Porém, atualmente não há ferramentaria que fabrica molde de vulcanização de pneu radial no Brasil e, frente a este cenário, surge o projeto “Tire-tooling Benchmark” que tem como objetivo geral otimizar o ciclo de desenvolvimento e manufatura do molde para vulcanização de pneus radiais rodoviários.

Neste contexto, esse artigo tem como objetivo específico descrever quais são as melhores práticas realizadas pelas empresas de manufatura de molde de vulcanização de pneus, por meio de uma pesquisa de mercado nacional e internacional, a fim de realizar o benchmarking. Além disso, algumas avaliações das possibilidades de inspeção desses dispositivos também foram realizadas e serão apresentadas. Ao abordar esse tema, a pesquisa visa tornar mais competitivo o setor de ferramentarias brasileiro, auxiliando potenciais empresas a terem sucesso, ao compreender quais são as tecnologias, maquinários, certificações, perfil da empresa etc. que os principais players do mercado utilizam.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

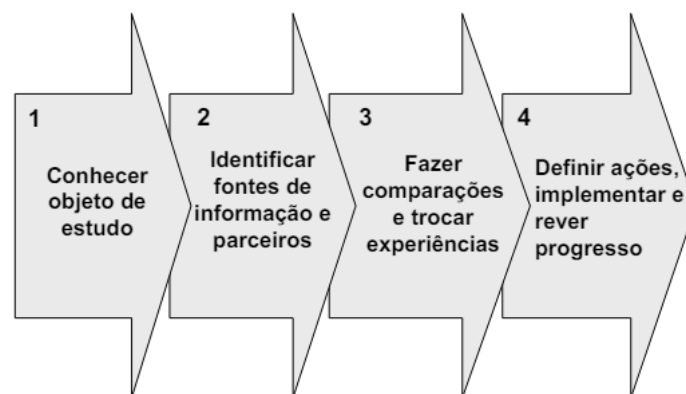
2.1 *Benchmarking*

O benchmarking é um procedimento crucial de comparação entre produtos, serviços e gestão empresarial, ou seja, é um processo de obtenção das melhores práticas. Segundo a

Fundação Nacional da Qualidade (FNQ) tem como objetivo principal proporcionar melhorias significativas nos processos e produtos, através da compreensão dos melhores desempenhos e práticas de mercado e como a organização, junto aos seus processos e resultados, comparam-se a eles.

O processo de Benchmarking baseia-se em quatro etapas, conforme figura abaixo:

FIGURA 1 – Passos básicos para a realização de um estudo de *benchmarking*.



Fonte: Retirado do livro Gestão da Qualidade (CARPINETTI, 2016).

Como uma ferramenta estratégica de gestão, a aplicação do benchmarking é crucial para que as empresas elevem seu grau de competitividade e alcancem um patamar excepcional de desempenho, qualidade e satisfação dos clientes. Essa abordagem apoia as organizações a eliminar o processo de aprendizado por meio de tentativa e erro; implementar práticas comprovadamente eficazes e efetuar melhorias de forma mais ágil, ao aproveitar o conhecimento de outras entidades (JUNIOR E VITAL, 2004).

Existem diferentes tipos de *benchmarking*, diferenciados pelo alvo ou objeto da atividade de *benchmarking*, são eles:

- *Benchmarking* Interno: Envolve a comparação de práticas e processos entre várias unidades ou departamentos dentro da própria organização. Serve principalmente para o conhecimento das práticas internas.
- *Benchmarking* Competitivo: Comparação direta com empresas que são

concorrentes, é útil para avaliar o desempenho da organização em relação aos seus concorrentes diretos.

- *Benchmarking* Funcional/Genérico: Envolve a identificação das melhores práticas em qualquer organização reconhecida por sua excelência em uma área específica. Não se limita a empresas do mesmo setor, mas sim àquelas que são referência em determinada função ou processo.

Esses três tipos de benchmarking oferecem abordagens diferentes, cada uma com seus benefícios específicos, para ajudar a organização a melhorar seus processos e desempenho. (MELO et al., 2000).

2.2. Molde de pneu

Segundo Caetano existem dois tipos de moldes para pneus, os moldes segmentados/setoriais e os moldes duas metades/convencionais.

- Moldes Segmentados - Divididos em segmentos, o número de segmentos depende da dimensão do pneu, que se unem formando um círculo. Sua aplicação está para pneus de passeio, caminhões e ônibus, pois são moldes mais complexos servindo para pneus maiores e é montado em containers.
- Moldes Duas Metades - Divididos em duas partes iguais (superior e inferior), são moldes simples com aplicação para pneus menores, como de motocicletas, bicicletas e linha agrícola e é montado em prensas.

A fundição é um processo essencial na fabricação de moldes para pneus, possibilitando a criação de peças complexas com alta precisão e eficiência. A escolha do material adequado (aço ou alumínio) e a utilização de novas tecnologias garantem a qualidade, durabilidade e otimização do processo de produção dos moldes. Em casos que exigem maior robustez e resistência, os moldes podem ser equipados com lâminas de aço inoxidável previamente tratadas (FUNDEP, 2023). A inserção dessas lâminas torna inviável a usinagem em bloco único de aço ou alumínio laminado, demandando um processo de produção diferenciado. Para moldes em aço, o material aplicado na manufatura do molde é o aço SAE1020 ou similar e, para moldes em alumínio, a liga geralmente utilizada é a AA514.0.

Esse aço é utilizado devido à sua flexibilidade, sendo de fácil manuseio, independentemente do método que desejar usar.

O mercado de moldes para pneus automotivos é impulsionado principalmente pela crescente demanda por automóveis em todo o mundo. À medida que o número de veículos nas estradas aumenta, a demanda por moldes para pneus também aumenta. Junto a isso, a ênfase crescente na eficiência de combustível e na redução das emissões de carbono também está impulsionando a demanda por moldes para pneus, à medida que os fabricantes se esforçam para criar pneus mais eficientes e ecológicos.

2.3 Pneus

Para o pneu ser fabricado ele passa pelo processo de vulcanização, que é o processo de transformação da borracha, para tal, o pneu é colocado em uma prensa sob determinada temperatura, pressão e tempo. Durante essa etapa, o pneu infla dentro do molde, adquirindo a forma e o desenho da banda de rodagem final. Para garantir as propriedades físicas da borracha, esse processo é totalmente monitorado por dispositivos interligados a softwares, que registram a temperatura, pressão e tempo.

Quanto a aplicação dos pneus, eles possuem três classificações:

- PCR: *Passenger Car Radial* (Pneu Radial para Carro de Passeio) - São os pneus comumente utilizados em carros de passeio, *hatches*, sedãs e similares.
- TBR: *Truck & Bus Radial* (Pneu Radial para Caminhão e Ônibus) - Aplicados em caminhões, ônibus e veículos de carga pesada.
- OTR: *Off-The-Road* (Fora de Estrada) - Pneus projetados para uso em terrenos acidentados e fora de estrada, como em tratores, escavadeiras, mineradoras e veículos agrícolas pesados.

Existe uma tendência de crescimento na demanda por pneus radiais, por proporcionarem melhor eficiência de combustível e maior vida útil, tornando-os uma escolha para os consumidores, junto ao foco do governo brasileiro no desenvolvimento de infraestrutura e do crescimento do setor automotivo, tem-se a expectativa de expansão do mercado nacional de pneus (BUSINESS RESEARCH, 2024).

2.4 Métodos de inspeção de moldes de pneus

O processo de fabricação no campo de engenharia envolve uma série de etapas, partindo das concepções iniciais, desenhos, cálculos analíticos, simulações e protótipos, até a confecção das peças e conjuntos finais. Contudo, estes desenvolvimentos apresentam desafios únicos e pertinentes a cada técnica selecionada, que invariavelmente contribuirão para a ocorrência de desvios geométricos e dimensionais no produto, mesmo que todos os cuidados e aferições tenham sido realizados (HELLE e LEMU, 2021).

Sendo assim, durante as etapas de fabricação dos moldes de pneus, desvios devem ser considerados e controlados para que a produção seja executada dentro de limites pré-estabelecidos (tolerâncias). Neste contexto, os principais desvios a serem monitorados são os geométricos, os de origem térmica e desgaste de ferramental (SWORNOWSKI, 2012; ZHANG e TANG, 2023), os quais tornam imprescindível a existência de uma etapa de inspeção, posterior à fabricação, com a finalidade de avaliar a conformidade das peças ao projeto.

Deste modo, com o intuito de acelerar os procedimentos de inspeção, bem como torná-los mais precisos, foram desenvolvidas as Máquinas de Medição por Coordenadas (CMM, do inglês: Coordinate Measuring Machines), em meados de 1960, as quais passaram por avanços tecnológicos e, atualmente, contam com sistemas CNC de medição que tornam o processo altamente eficiente (VIRTANEN, KURKELA e HYYPPÄ, 2014).

Na esteira dos desenvolvimentos tecnológicos relacionados aos sistemas de medição, as soluções utilizando o princípio de escaneamento tridimensional de superfícies se coloca como uma das possibilidades mais avançadas da atualidade, permitindo velocidades altas de processamento e, inclusive, trabalhando em conjunto com algoritmos de machine learning e redes neurais. Soma-se a essas potencialidades, a facilidade de manipulação desses equipamentos, bem como interfaces intuitivas que colaboraram para a sua rápida aceitação e difusão na indústria (HALEEM, JAVAID, et al., 2022).

Adicionalmente, o mercado ainda oferece soluções customizadas especificamente para moldes de pneus, à exemplo da Máquina de Medição de Moldes de Pneus (TMM, do inglês: *Tire Mold Measuring Machine*). Segundo o fabricante, Inmess (2024), este equipamento, que

também utiliza um sistema óptico, é capaz de medir a parede completa de um molde em aproximadamente 10 minutos, garantindo uma acurácia de 5 μm com uma frequência de aquisição da ordem de 200000 pontos por segundo.

Finalmente, considerando o elevado grau de detalhamento dos moldes de pneus, a escolha de um sistema de medição viável para inspeção em produção está diretamente ligada ao nível de produtividade esperado. Neste cenário, a utilização de sistemas ópticos de alta precisão se mostra como uma potente solução, mas que pode apresentar a necessidade de grande aporte financeiro. As máquinas CMM, por sua vez, tendem a apresentar um grau de precisão maior que um escâner, por exemplo, porém, exigem profissionais com maior capacitação para operação, além de serem substancialmente mais lentas, indo contra a ideia de alta produtividade, mas que pode ser bastante viável para avaliações de pequenas amostragens. Ou seja, a definição da tecnologia passa por uma avaliação que vai além das especificações técnicas dos equipamentos.

2.5 Indicadores de *Benchmark*

Para a identificação das melhores práticas adotadas pelas empresas de manufatura de moldes para pneus, se fez necessário entender quais indicadores de *benchmark* seriam necessários para buscar informações a respeito delas, deste modo, tornou-se imprescindível investigar a estratégia de produção, e seus aspectos essenciais, como as tecnologias, maquinários, perfil da empresa, entre outros, que permitirá descrever as melhores práticas adotadas pelos fornecedores de classe mundial.

Para o processo de *benchmarking* foram analisados os seguintes indicadores:

TABELA 1 – Indicadores de *benchmark* procuradas nos sites das empresas (continua).

Indicador	Descrição	Impactos na Empresa
Origem da Empresa	Localização geográfica da empresa	Influência na cultura organizacional, custos de produção, logística e acesso a mercados
Ano de Fundação	Tempo de experiência da empresa no mercado	Indica maturidade, conhecimento do setor e capacidade de adaptação
Capacidade Produtiva	Volume de produção que a empresa pode alcançar	Determina a escala de produção, custos unitários e potencial de crescimento
Equipamentos	Tecnologia utilizada na produção	Influência na qualidade dos produtos, eficiência operacional e custos de produção

Indicador	Descrição	Impactos na Empresa
Produtos	Variedade de produtos oferecidos pela empresa	Diversifica a receita, atende a diferentes necessidades e reduz o risco de dependência de um único produto
Tecnologias	Inovações e ferramentas utilizadas pela empresa	Aumentam a produtividade, reduzem custos e diferenciam a empresa no mercado
Certificações	Reconhecimentos oficiais que comprovam a qualidade da empresa	Aumentam a credibilidade, abrem novos mercados e atraem clientes
Quantidade de Colaboradores	Número de pessoas que trabalham na empresa	Determina a capacidade produtiva, a qualidade do trabalho e os custos com mão de obra
Serviços	Suporte adicional oferecido aos clientes	Aumentam o valor percebido pelos clientes, fidelizam e diferenciam a empresa no mercado
Fábricas	Localização das unidades produtivas da empresa	Influenciam na logística, custos de produção e acesso a mercados
Principais Clientes	Empresas que compram os produtos da empresa em maior volume	Indicam o poder de barganha dos clientes, a diversificação da carteira e o potencial de crescimento
Tipo de Molde	Especialização da empresa em diferentes tipos de moldes	Determina o conhecimento técnico, o nicho de mercado e a competitividade
Centro de P&D	Investimento em pesquisa e desenvolvimento	Aumenta a capacidade de inovação, a competitividade e o potencial de crescimento
Sites	Presença online da empresa	Aumenta a visibilidade, facilita o contato com clientes e parceiros, e fortalece a marca

Fonte: Elaborado pelos autores

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar o objetivo deste artigo foi realizada uma pesquisa de natureza descritiva e de cunho qualitativo utilizando o método de *Benchmarking*, pois visa descrever as melhores práticas das empresas de fabricação e manutenção de moldes de vulcanização de pneus. Tal escolha é justificada na literatura, levando em consideração o objetivo dessa pesquisa, ela se classifica com caráter descritivo, pois almeja fornecer uma maior compreensão do evento em questão, com essa finalidade, torna-se possível o desenvolvimento do *Benchmarking* (GIL, 2002).

3.1 Coleta de Dados

Para a coleta de dados utilizou-se uma planilha do Excel como ferramenta para armazenamento e organização das informações. O mapeamento dessas informações exigiu

uma pesquisa abrangente e exaustiva nos sites oficiais das empresas, nos relatórios financeiros e relatórios para investidores, estes dois últimos quando disponível e, foi realizada no período entre o dia 25 de janeiro de 2024 a 5 de maio de 2024. Entretanto, nos sites das empresas cujo as informações eram escassas, foi feito contato, via e-mail, solicitando o compartilhamento das informações que não fossem sigilosas e que pudessem ser fornecidas.

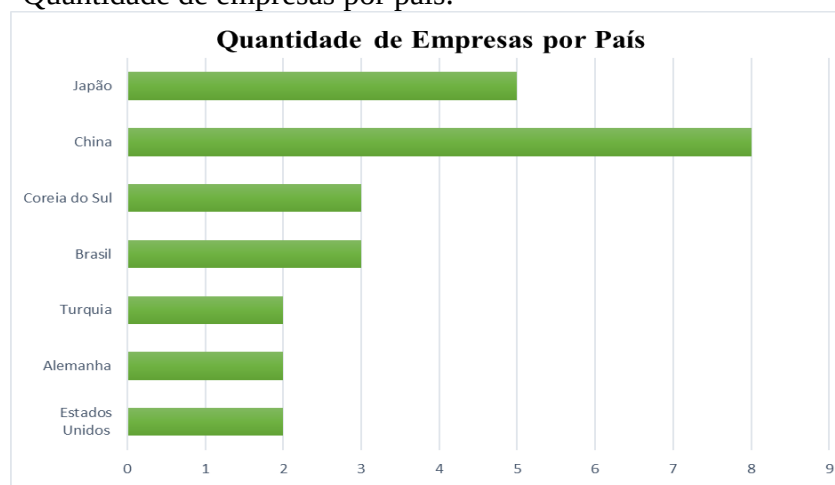
Tendo em vista uma das principais metas do projeto no qual este artigo está inserido, que propõe tornar mais competitiva a indústria nacional de moldes de pneus, pesquisas bibliográficas também foram realizadas com o intuito de entender o estado da arte no que diz respeito às tecnologias aplicadas por estas empresas, e os resultados foram complementados com as informações fornecidas pelas empresas alvo do estudo.

4. RESULTADOS

Foram mapeadas 25 empresas onde foram coletados dados de 18 indicadores de benchmark. Ao passo que, no cenário nacional foi identificado três empresas, sendo a Quantum fabricante de molde segmentado e radial e prestadora de serviço de manutenção; a MoldTire fabricante de molde de pneu de bicicleta e moto; e por fim, a Ysmec prestadora de serviço de manutenção de moldes de pneu da linha Truck & Agro e passeio.

No gráfico abaixo é possível verificar a relação entre os países que mais possuem empresas fabricantes de moldes de pneus e/ou empresas que prestam serviço de manutenção de moldes.

GRÁFICO 1 – Quantidade de empresas por país.



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao analisar o cenário global identifica-se que o continente asiático domina a manufatura de moldes de pneu, tendo a China como principal player, possuindo 8 empresas que produzem molde de vulcanização.

Nos Estados Unidos da América encontrou-se a Quality Mold e a King Machine; na Alemanha encontrou-se a A-Z Formen-und Maschinenbau e a Herbert Maschinenbau; na Turquia encontrou-se a Uzer Makina e a Ozmetal; na Coreia do Sul tem-se a Dynamic Design, a SeYoung TMS e a Hankook; no Japão tem-se a Miyagui, a NGK Hyogo, a Nihon Mold e a Shinko Mold; na China tem-se a Qingdao Zhenyao Mould, a Himile, a Qingdao Yuantong Machine, a Mesnac, Anhui Mcgil Mould, Shandong Wantong Mould, Greato e Anhui Wide Way Mould.

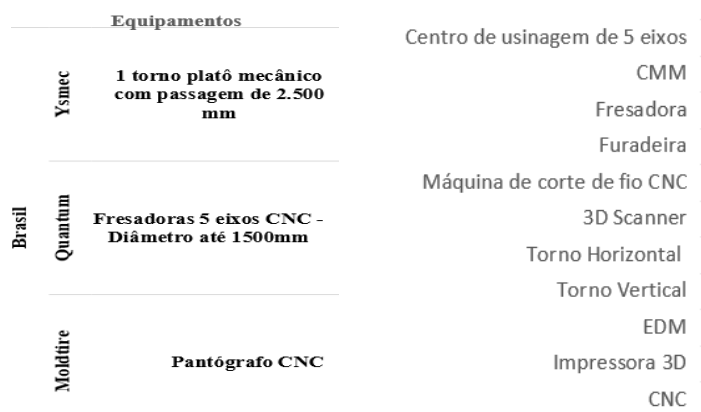
Os indicadores “origem das empresas” e “ano de fundação” trouxeram informações que relevaram a história e experiência da empresa. Com relação a produção, obteve-se, através dos indicadores “capacidade produtiva”, “equipamentos”, “tecnologias” e “produtos”, informações que permitiram avaliar os aspectos de tecnologia e inovação presentes em casa empresa. Nas certificações viu-se a recorrência da ISO 9001, pois trata-se de uma norma que estabelece requisitos para a gestão da qualidade, exigindo das empresas processos rigorosos para garantir que os produtos atendam às especificações e expectativas dos clientes, ou seja, significa produzir moldes com alta precisão, durabilidade e consistência.

Com relação as empresas de origem chinesas, em sua maioria, os dados não foram

informados em seus sites, assim como, para as japonesas Miyagui e Nihon Mold, não foi possível coletar informação de nenhum indicador.

A análise aprofundada dos dados coletados revelou um panorama rico da indústria de produção de moldes de pneus. As empresas líderes neste segmento se destacam por sua constante busca por inovação, presente na implementação de tecnologias avançadas, como sistemas CAD/CAM, e, os maquinários, como centro de usinagem de alta precisão e, o compromisso com a qualidade, que pode ser vista através das certificações. Deste modo, os Gráficos a seguir resumem, comparativamente, o cenário brasileiro com os demais países.

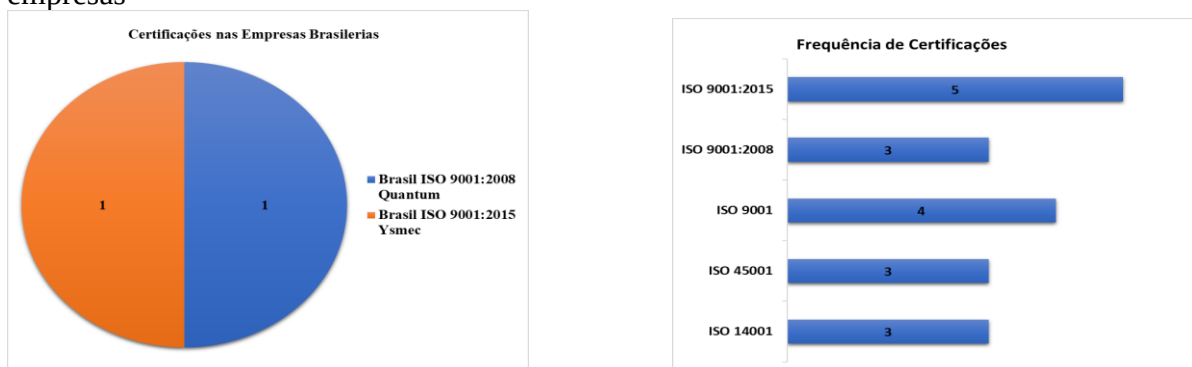
GRÁFICO 2 – Equipamentos utilizados pelas empresas brasileiras X Equipamentos mais utilizados nas empresas globais.



Fonte: Elaborado pelos autores

Verifica-se que no Gráfico 2 o Brasil, listagem à esquerda, possui os equipamentos que estão na lista das empresas globais, listagem à direita, porém, as empresas globais possuem um número maior de maquinários e mais tecnológico.

GRÁFICO 3 – Certificações nas empresas brasileiras X Certificações mais utilizadas pelas empresas



Fonte: Elaborado pelos autores

No que tange as certificações o Gráfico 3 mostra que tanto a Quantum quanto Ysmec possuem a ISO 9001, fazendo parte das certificações mais utilizadas pelas empresas globais, porém, é possível verificar que as empresas globais também possuem a ISO 4500 e ISO 14001.

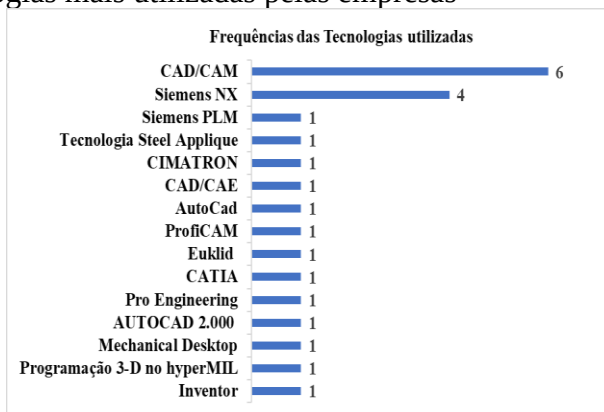
GRÁFICO 4 – Principais clientes das empresas



Fonte: Elaborado pelos autores

No Gráfico 4 temos os principais clientes das empresas mapeadas.

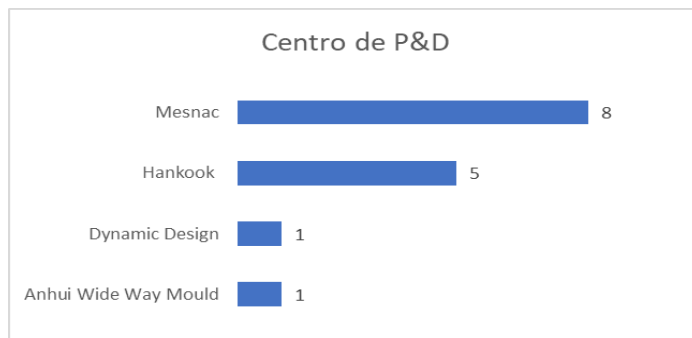
GRÁFICO 5 – Tecnologias mais utilizadas pelas empresas



Fonte: Elaborado pelos autores

No Gráfico 5 é possível verificar as tecnologias mais utilizadas por todas as empresas mapeadas.

GRÁFICO 6 – Empresas que possuem plantas específicas para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).



Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, no Gráfico 6 pode-se notar as empresas que investem em centros de pesquisa e desenvolvimento.

Soma-se a essas observações os resultados das pesquisas relacionadas aos métodos de inspeção, que apontou para equipamentos de alta tecnologia que congregam rapidez de medição e pequenas resoluções em uma única solução, como por exemplo as máquinas multissensoriais e sistemas de visão (scanner 3D). Para isso, a Tabela 2 resume três metodologias avaliadas e, comparativamente, seus desempenhos em termos de resolução e tempo de medição.

TABELA 2 – Metodologias de medição observadas na literatura

Método de medição	Resolução de medição	Tempo de medição
Máquina de medir por coordenadas CNC (medição tátil)	2	1
Máquina multissensorial (medição tátil)	3	1
Scanner 3D (medição óptica)	1	3
Máquina específica para medição de moldes de pneus (medição óptica)	3	3

Fonte: Elaborado pelos autores

Legenda: 1 – ruim, 2 – satisfatório e 3 – bom

Por fim, com a base de dados foi possível criar uma tabela dinâmica, com a finalidade de criar filtros e facilitar a identificação das informações, como apresentado no Anexo 1.

5. CONCLUSÕES

Este estudo propôs-se a realização de um *benchmarking* de empresas de manufatura de molde de vulcanização de pneus. Por meio de uma busca minuciosa, nos sites das 25 empresas mapeadas, foi possível coletar dados que permitiram comparar processos de produção, capacidade produtiva, tecnologias, certificações, entre outros, porém, é crucial utilizar o benchmarking de forma estratégica e cuidadosa, pois deve-se escolher as empresas de referência adequadas e comparar indicadores relevantes e comparáveis.

Ao comparar as empresas brasileiras com as empresas do cenário global, observa-se que as empresas no Brasil ainda apresentam algumas lacunas em relação às empresas internacionais, relacionados ao tipo de moldes que é fabricado, capacidade produtiva, tecnologias e até mesmo investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Finalmente, embora este estudo tenha traçado um panorama abrangente da indústria de produção de moldes de pneus, não foi possível coletar todas as informações de todas as empresas, por exemplo, algumas empresas chinesas sequer possuem sites, tornando inviável a coleta de informação. Pesquisas futuras podem abranger novos indicadores de informação e envolver novas empresas do setor.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (AVP Brasil).

Curiosidades sobre a malha rodoviária brasileira. Disponível em:

<https://www.avepbrasil.com.br/curiosidades-sobre-a-malha-rodoviaria-brasileira>. Acesso em: 18 maio 2024.

BUSINESS RESEARCH. **Automotive Tire Mold Market Size, Share, Growth and Industry Analysis by Type (Segmented Molds, And, Two-Piece Molds), By Application (PCR, TBR, And, OTR) Regional Forecast By 2031**, 2024. Disponível em:

<https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/automotive-tire-mold-market-106155>. Acesso em: 4 de junho 2024.

CAETANO, M. J. L., **Vulcanização de Pneus.** Disponível em:

<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/pneus/o-fabrico-de-pneus/vulcanizacao-de-pneus/>. Acesso em: 18 maio 2024

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade.** EDa Atlas AS, 2012.

DE MELO, A.E M.; CARPINETTI, L.C.R.; SILVA, W.T.S. **Utilização do Benchmarking por empresas Brasileiras**. 2000.

FNQ. Fundação Nacional da Qualidade, 2024. Disponível em: <https://fnq.org.br/boas-praticas/> Acesso em: 15 março 2024.

FUNDEP. **ETEC1 Projetos de demonstrador de moldes para vulcanização de pneus**. Apêndice-a. Disponível em: https://mover.fundep.ufmg.br/wp-content/uploads/2022/08/Apendices_A-Pneus.pdf. Acesso em: 05 junho 2024.

FUNDEP. **Portfólio de projetos de PD&I**. Disponível em <https://mover.fundep.ufmg.br/linha4/projetos/>. Acesso em: 05 junho 2024.

FUNDEP. Programa Prioritário-Linhas IV: Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas, 2024. Disponível em: <https://mover.fundep.ufmg.br/linha4/>. Acesso em: 5 março 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas. 4^a ed., 2002.

HALEEM, Abid et al. Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: an overview. **International Journal of Cognitive Computing in Engineering**, junho 2022. 161-171.

HELLE, Robin H.; LEMU, Hirpa G. A case study on use of 3D scanning for reverse engineering and quality. **Materials Today: Proceedings**, 2021.

INMESS. Tire Mold Measuring Machine (TMM). Inmess, 2024. Disponível em: <https://www.inmess.de/en/tire-mold-measuring-machine-tmm/>. Acesso em: 19 março 2024.

JUNIOR, R. J. C., & VITAL, T. W. A utilização do benchmarking na elaboração do planejamento estratégico: Uma importante ferramenta para a maximização da competitividade organizacional. RBGN: **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, 6(14), 60-66, 2004.

SANTOS, A. P. M.; FERREIRA, M. A. BENCHMARKING COMO ESTRATÉGIA DE VANTAGEM COMPETITIVA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1022>. Acesso em: 18 junho 2024.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; e JOHNSTON, R. **Administração da Produção** (Vol. 2). São Paulo: Atlas, 2009.

SWORNOWSKI, Pawel J. A critical look at the coordinate measuring technique. **Mechatronics**, 2012.

VIRTANEN, Juho-Pekka; KURKELA, Matti; HYYPPÄ, Hannu. Using 3D in design: an overview of measuring methods and experiences. **Proceedings of NordDesign**, Espoo, agosto 2014. 815-824.

ZHANG, Zhao; TANG, Kai. Geometric error measuring, modeling, and compensation for CNC machine tools: A review. **Chinese Journal of Aeronautics**, 2023.

ANEXO 1



Base de dados
Empresas.xlsx