

## Tecnologia, inovação e sustentabilidade: 50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.

### Estudo bibliométrico sobre a tecnologia do vácuo

Davi Cardozo Duarte Junior<sup>1</sup>, Francisco Tadeu Degasperi<sup>2</sup>

**Resumo** – A Tecnologia do Vácuo possui ampla aplicabilidade no ramo Industrial de maneira geral, porém o estudo do sistema de fixação de peças para usinagem utilizando a Tecnologia do Vácuo se faz necessário devido à sua comodidade na fixação de peças de geometria irregular e/ou geometria complexa bem como na fixação de materiais não ferrosos. O fato de existir pouca pesquisa científica sobre este tema direciona este artigo para um estudo Bibliométrico para verificar o estado da arte quando o assunto consiste em sistemas de fixação para usinagem aplicando a Tecnologia do Vácuo.

**Palavras-chave:** Sistemas Produtivos; Aplicações de Vácuo; Sistema de fixação por vácuo; Vácuo aplicado à Usinagem; Bibliometria

**Abstract** – The Vacuum Technology has wide applicability in the industrial branch in general, but the study of the workpiece clamping system using the Vacuum Technology is necessary due to its convenience in the clamping of irregular geometry and/or complex geometry as in clamping non ferrous materials. The fact that there is a small scientific Research on this subject directs this article to a Bibliometric study to verify the state of the art when the subject consists of clamping systems for machining using Vacuum Technology

**Keywords:** Productive Systems; Vacuum Applications; Vacuum Clamping System; Vacuum applied to Machining, Bibliometrics

#### 1. Introdução

A usinagem dos materiais engloba processos complexos de conformação mecânica como, por exemplo, torneamento, fresamento, furação, retificação. A complexidade dos variados processos de usinagem está no elevado número de variáveis como: operador, ferramenta, máquina-ferramenta, processo, fixação da peça. Este elevado número de variáveis aumenta o custo de produção do

---

<sup>1</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – [davi.cardozo63@gmail.com](mailto:davi.cardozo63@gmail.com),

<sup>2</sup> Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – [ftd@fatecsp.br](mailto:ftd@fatecsp.br)

produto quando este depende total ou parcialmente de um processo de usinagem. A competitividade de uma empresa sempre está direcionada à redução de custos de produção, seja aplicando uma nova ferramenta/processo, seja reduzindo o tempo de produção. Quando o assunto é redução de tempo, um dos tópicos que necessita de pesquisa é o sistema de fixação de peças. Os métodos convencionais de fixação de peças como morsas e placas de torno possuem suas limitações devido à sua simplicidade. Quando o perfil da peça possui geometria irregular, geralmente é construído um dispositivo para sua devida fixação, porém o projeto/construção de dispositivos de fixação demanda experiência, tempo custeio adicional. A criação de um método único de fixação de diversas formas e geometrias de produtos que necessitam ser usinados seria um divisor de águas no quesito redução de tempo. O estudo da fixação de peças utilizando a Tecnologia do Vácuo pode simplificar o processo de usinagem de materiais.

## 2. Referencial Teórico

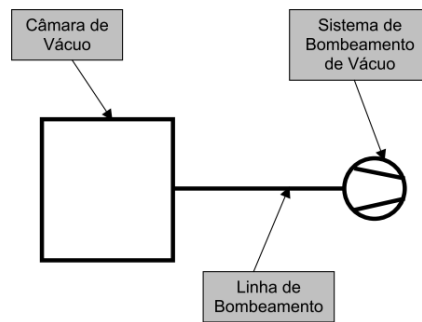
A fixação por um sistema de vácuo consiste em criar uma diferença de pressão na parte inferior da peça por meio de uma câmara de vácuo e a pressão atmosférica em cima da peça agindo com a força normal. Este sistema permite que o produto que será trabalhado permaneça fixado na mesa.

Segundo Degasperri (2002, p. 12) as principais razões para a utilização do vácuo são:

- Remover os gases ativos presentes na atmosfera da câmara de vácuo do processo a ser realizado.
- Diminuir a transferência de calor por condução e por convecção entre o meio interno e o meio externo à câmara de vácuo.
- Conseguir deformações mecânicas, movimentos, levantamento e/ou sustentação de peças por meio de diferenças de pressão.
- Aumentar o trajeto ou caminho livre de partículas elementares, átomos, elétrons, íons e moléculas para que não colidam com as moléculas da atmosfera da câmara de vácuo.
- Atingir densidades gasosas para conseguir colunas de gases ionizados, plasmas frios ou plasmas de altas temperaturas.
- Remover vapores ou gases absorvidos em materiais líquidos ou sólidos.
- Obter superfícies limpas e degaseificadas.

De acordo com Paiva (2010, p. 34) qualquer sistema de vácuo é composto basicamente por três elementos já definidos por Guerick na antiguidade através de sua primeira experiência com os hemisférios.

Figura 1 – Configuração genérica de sistemas de vácuo



Fonte: Degasper, 2002, p. 17

Uma pesquisa Bibliográfica foi realizada para verificar o estado da arte quando o assunto pesquisado aborda o tema da Tecnologia do Vácuo.

“Investigar os estudos bibliométricos praticados no Brasil, [...], constitui a principal motivação para a realização da pesquisa ora apresentada” (ARAÚJO e ALVARENGA, 2011).

“Os estudos bibliométricos podem colaborar na tarefa de sistematizar as pesquisas realizadas num determinado campo de saber e endereçar problemas a serem investigados em pesquisas futuras” (CHUEKE e AMATUCCI, 2015).

Resumindo, a Bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística para medir índices de produção e disseminação do conhecimento, bem como acompanhar o desenvolvimento de diversas áreas científicas e os padrões de autoria, publicação e uso dos resultados de investigação. A avaliação da produção científica, importante para o reconhecimento dos investigadores junto da comunidade científica, é feita por meio da aplicação de diversos indicadores bibliométricos, que se dividem em indicadores de qualidade, importância e impacto científico. (LOPES *et al.*, 2012)

### 3. Método

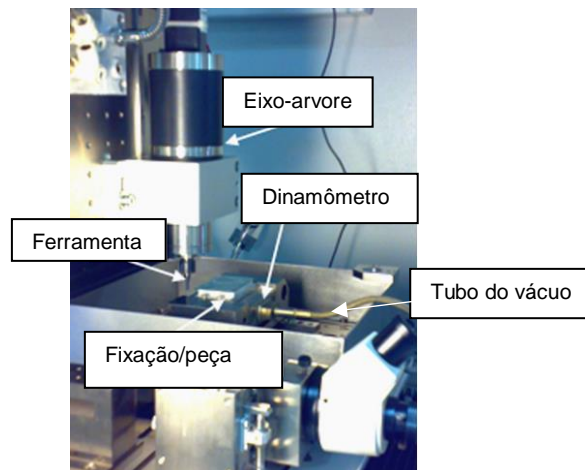
Essa Bibliometria foi realizada utilizando o banco de dados do Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave “*vacuum clamping system*” OR “*vacuum clamping*”. Um total de 93 artigos foram encontrados e após realizado um filtro tendo como parâmetro a variedade da aplicação da Tecnologia do Vácuo, Resumo e Conclusão de cada artigo, o número de artigos foi reduzido para 6 artigos e a leitura destes resultou nesta pesquisa. Aqui serão esplanadas, brevemente, algumas aplicações de fixação utilizando a Tecnologia do vácuo na Indústria.

#### 3.1 Modelo analítico para determinar o avanço crítico por aresta de corte na transição dúctil-frágil no processo de fresagem de materiais frágeis

“Neste experimento, o valor crítico da espessura do cavaco não-deformado pode ser calculado experimentalmente” (ARIF *et al.*, 2011).

No fresamento do topo de peças, como a área de cavacos não cortados aumenta com a rotação da ferramenta de um valor mínimo para um valor maior durante o corte no modo dúctil, a força de usinagem aumenta suavemente de acordo com a teoria da plasticidade. A fixação da peça foi aparafusada num dinamômetro e o dinamômetro foi fixado por uma placa de vácuo.

Figura 2 – Dinamômetro fixado por uma placa de vácuo



Fonte: Arif *et al.*, 2011

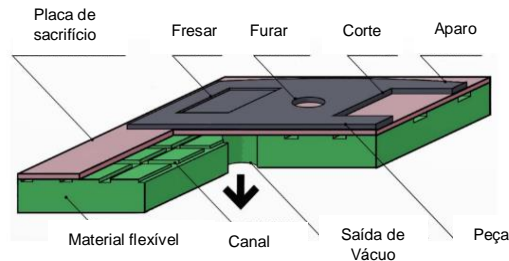
### 3.2 Capacitação de dispositivos flexíveis para seu uso em processos de usinagem de alta qualidade: um caso de aplicação do paradigma da Indústria 4.0

O controle de um processo de usinagem, através da otimização de todas as suas etapas, torna a empresa mais competitiva. Contudo, a modernização sempre demonstra altos valores de investimentos iniciais, porém esse valor de investimento é diluído ao longo do tempo. A capacidade de monitoramento também permite outras opções tecnológicas mais avançadas. Tradicionalmente, essas opções mesmo não sendo tão viáveis, oferecem novas oportunidades de fabricação como alternativas a soluções atuais. Neste caso, a solução submetida alude a um conceito inovador de fixação a vácuo para usinagem de peças com geometria irregular.

Uma alternativa às soluções existentes no mercado é adotada sob o conceito “ortomórfico com acessórios “idiomórficos”. Esses equipamentos são caracterizados por uma variabilidade alta e imprevisível de espessura e forma devido ao processo de fabricação de suas placas flexíveis. Então, o termo “idiomórfico”, ou seja, eles possuem uma forma única e irrepetível.

“Esse tipo de acessório deformável é caracterizado pela distribuição das forças de vácuo por toda a peça através de canais, garantindo uma fixação uniforme” (RUBIO MATEOS *et al.*, 2018).

Figura 3 – Esquema ideomórfico de fixação por vácuo



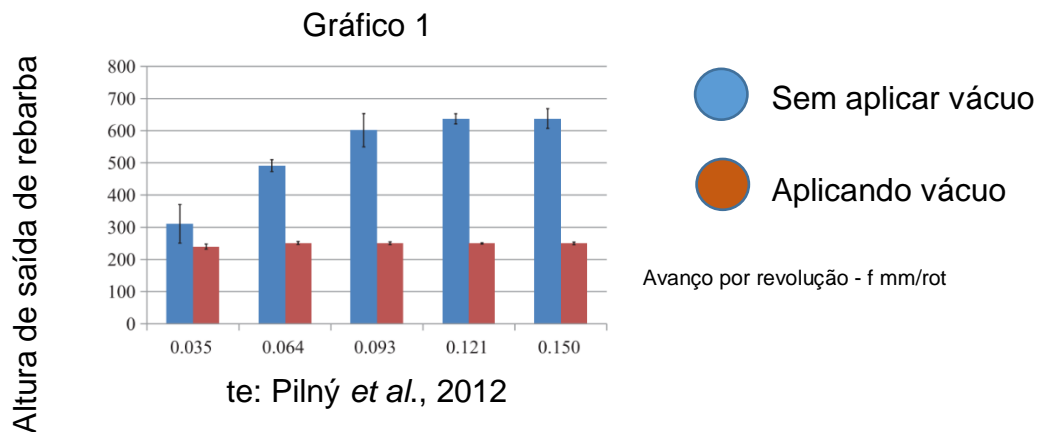
Fonte: Rubio Mateos *et al.*, 2018

### 3.3 Qualidade de furo e redução de rebarba na perfuração de chapas de alumínio.

Durante a perfuração de chapas de metal, as rebarbas se formam tanto na entrada quanto na saída do furo, como resultado da deformação plástica do material da peça. A ocorrência de rebarbas pode causar muitos problemas, como pequenos ferimentos nos trabalhadores e problemas de montagem que exigem um processo adicional de rebarbação para remoção, elevando seu custo.

As rebarbas indesejadas são mais difíceis de remover do que o material da peça de trabalho devido a um efeito de endurecimento por tensão. Os custos associados à remoção de rebarbas como porcentagem do custo de fabricação variam de até 30% para componentes de alta precisão, com motores de aeronaves. O material da peça de trabalho empregado nesta pesquisa foi a liga de Alumínio forjado Al99.7Mg0.5Cu-H24 e como resultados obtidos antes e pós fixação com sistema de vácuo estão demonstrados conforme Gráfico 1.

“A fixação por vácuo permitiu uma redução de 50% na saída de rebarba, comparada com a formação de rebarba nos testes preliminares antes da aplicação do vácuo” (PILNÝ *et al.*, 2012).



### 3.4 Compensação de erro de forma baseada em modelo no torneamento de peças cilíndricas de paredes finas.

O torneamento de peças cilíndricas de paredes finas e ocas geralmente não é possível quando se usa mandris comuns de 3 ou 4 garras, operados hidraulicamente, mesmo que o torque de aperto seja reduzido. Isso ocorre devido à deformação da peça pela força de aperto do mandril. Mesmo reduzidas forças de aperto causam deformações plásticas na peça de trabalho fixada, o que resulta em erros de superfície devido à usinagem, por esse motivo, várias abordagens foram adotadas no passado para quantificar e minimizar as deformações induzidas pela fixação. Atualmente, existem soluções, como por exemplo sistemas de aperto com um design especificamente construtivo: sistemas com componentes de elastômero, dispositivos de fixação de mandril de pêndulo de seis pontos, grampos de membrana que permitem um aperto uniforme sem deformação.

“Existem também sistemas de fixação à vácuo para tornos universais, projetos adicionais com placas de vácuo fixadas na peça” (HEISEL e KANG, 2011).

### 3.5 Estado da arte em sistemas de fixação para fabricação e montagem de componentes rígidos: uma revisão

Até o momento, o foco principal da pesquisa dos dispositivos de fixação é a usinagem de peças prismáticas simplistas. Isso gera um desafio substancial ao desenvolvimento de novas soluções de fixação para componentes mais complexos e com alto nível de dificuldade com custo elevado de projeto e fabricação para projetar dispositivos, por exemplo. Além disso, existe espaço dentro do campo de pesquisa para uma melhor compreensão da interação ferramenta/peça/processo de fabricação durante as operações de fabricação que não sejam a usinagem.

“O sistema de fixação deve ser eficiente e permitir alguns opcionais entre o método de usinagem, graus de liberdade e interação ferramenta/peça” (GAMEROS *et al.*, 2017).

Funções Essenciais/Opcionais de um sistema de fixação:

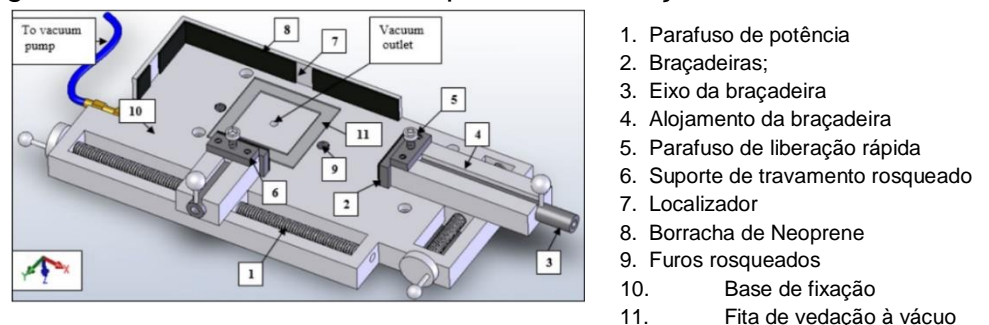
- Estratégia de localização: respeitando os graus de liberdade;
- Estratégia de fixação: mantém a peça rígida contra as forças de usinagem.
- Estratégia de Suporte: minimizar a deformação da peça durante a usinagem;
- Interação da ferramenta: permitir o encontro da peça/ferramenta sem atrapalhar, porém, mantendo a fixação da peça.

### 3.6 Projeto conceitual virtual de um dispositivo de fixação multifuncional para uma fresadora CNC usando a técnica de convergência controlada

As modernas máquinas CNC são capazes de executar inúmeras operações em diversas peças de trabalho. O objetivo deste artigo foi apresentar um acessório de fixação multiuso, porém econômico, para executar várias operações de usinagem utilizando as máquinas a CNC do Laboratório de Engenharia da Universidade de West Indies. Este laboratório possui máquinas a CNC com um curso nos eixos X, Y e Z relativamente pequenos. O dispositivo concebido virtualmente irá aumentar o curso de uso da mesa desta máquina. O design deste mecanismo de fixação permite que variados tamanhos de peças com formato regular sejam facilmente acomodados (até 280 mm na direção X). Um dinamômetro foi aparafusado na base do dispositivo para mensurar os esforços de corte durante a usinagem. Um sistema de retenção de trabalho à vácuo também é integrado à base do aparelho.

“Uma fita de vedação de vácuo para minimizar vazamentos possibilitará que peças com pelo menos uma superfície plana possam ser fixadas com o auxílio de uma bomba de vácuo adequada” (CHOWDARY *et al.*, 2018).

Figura 5 – Conceito virtual do dispositivo de fixação



Fonte: Chowdary *et al.*, 2018

#### 4. Resultados e Discussão

A Bibliometria realizada para este estudo demonstrou que a Tecnologia do Vácuo possui aplicabilidade na usinagem de materiais. Por meio deste estudo foi observado que a Tecnologia do Vácuo está presente na fixação das peças que serão submetidas ao processo de usinagem, independente do seu tipo de usinagem. Observou-se também o uso da Tecnologia do vácuo para fixação de dispositivos de monitoramento das forças de corte durante o processo de usinagem.

A tecnologia do Vácuo permitiu também a construção de um protótipo para melhorar o sistema de fixação de peças numa mini máquina a CNC dentro do laboratório de ensaios da Universidade de West Indies.

Observamos como a fixação por sistema de vácuo melhorou a qualidade da rugosidade superficial dos furos reduzindo as rebarbas geradas num processo de furação de chapas de alumínio. As rebarbas provenientes da usinagem dos materiais são indesejáveis pelo fato de poder gerar acidentes ao operador, bem como elevam o custo do produto pois demandam um processo de remoção, sendo que este processo demanda mais tempo e ferramental pois a rebarba gerada durante o processo de furação possui dureza superior ao material gerador da rebarba.

Contudo, observou-se pelos gráficos gerados pelo estudo Bibliométrico, uma queda anual nas publicações que abordam o tema de tecnologia do Vácuo (Gráfico 2) e o conhecimento desta tecnologia é dominado por um reduzido número de autores (Gráfico 3).

Gráfico 2: publicações sobre a Tecnologia do Vácuo por ano



Fonte: Autor



Gráfico 3: publicações sobre a Tecnologia do Vácuo por autor



Fonte: Autor

## 5. Considerações finais

No período de 2015 até o presente momento não foi encontrado nenhum autor brasileiro que realiza pesquisa na área da Tecnologia do Vácuo aplicado à usinagem de materiais

Observando a variada aplicação da Tecnologia do vácuo, podemos utilizar este princípio para outros ramos industriais e aplicabilidade em pesquisas científicas para tornar a indústria nacional mais competitiva.

A tecnologia do Vácuo possui diversidade de aplicações na Indústria e existe a necessidade do estudo de peças para usinagem fixadas utilizando a Tecnologia do Vácuo. A criação e/ou aprimoramento de dispositivos que utilizam a fixação por vácuo promoverá uma melhora na competitividade da Indústria Brasileira.

## Referências

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 16, n. 31, p. 51-70, 2011. ISSN 1518-2924.

ARIF, M.; RAHMAN, M.; SAN, W. Y. Analytical model to determine the critical feed per edge for ductile–brittle transition in milling process of brittle materials. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 51, n. 3, p. 170-181, 2011. ISSN 0890-6955.

CHOWDARY, B. V.; RICHARDS, M.-A.; GOKOOL, T. Virtual Conceptual Design of a Multi-Purpose Fixture for a CNC Milling Machine Using the Controlled Convergence Technique. **West Indian Journal of Engineering**, v. 40, n. 2, 2018. ISSN 0511-5728.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Internext**, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015. ISSN 1980-4865.

DEGASPERI, F.T., **Modelagem e Análises Detalhadas de Sistemas de Vácuo**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação – UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2002.

GAMEROS, A. et al. State-of-the-art in fixture systems for the manufacture and assembly of rigid components: A review. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 123, p. 1-21, 2017. ISSN 0890-6955.

HEISEL, U.; KANG, C. Model-based form error compensation in the turning of thin-walled cylindrical parts. **Production Engineering**, v. 5, n. 2, p. 151-158, 2011. ISSN 0944-6524.

LOPES, S. et al. A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. **Actas do congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas**, 2012.

PAIVA, J. A. **Aplicação da Tecnologia do Vácuo em Projeto de Engenharia de Precisão**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, João Pessoa – PB, 2010

PILNÝ, L. et al. Hole quality and burr reduction in drilling aluminium sheets. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 102-107, 2012. ISSN 1755-5817.

RUBIO MATEOS, A. et al. CAPACITATION OF FLEXIBLES FIXTURES FOR ITS USE IN HIGH QUALITY MACHINING PROCESSES: AN APPLICATION CASE OF THE INDUSTRY 4.0. PARADIGM. **DYNA INGENIERIA E INDUSTRIA**, 2018. ISSN 0012-7361.