

## **DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS ÓTIMOS PARA CORTE E GRAVAÇÃO A LASER DE CO<sub>2</sub> EM MDF UTILIZANDO A TÉCNICA DE OTIMIZAÇÃO PELO PASSO ASCENDENTE**

Breno Borges Vilela <sup>1</sup>; Joaquim Júnior Lopes <sup>2</sup>; Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana <sup>3</sup>

1 Bolsista IFMG, Bacharelado em Engenharia Mecânica, IFMG *Campus* Avançado Arcos, Arcos – MG; [brenoborges1810@gmail.com](mailto:brenoborges1810@gmail.com)

2 Bolsista IFMG, Bacharelado em Engenharia Mecânica, IFMG *Campus* Avançado Arcos, Arcos – MG; [juniorjunior25@outlook.com](mailto:juniorjunior25@outlook.com)

3 Orientador: Pesquisador do IFMG, IFMG *Campus* Avançado Arcos; [luiz.viana@ifmg.edu.br](mailto:luiz.viana@ifmg.edu.br)

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo é determinar os parâmetros ideais para o corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> em MDF, com o intuito de aprimorar a qualidade do processo de manufatura. A metodologia adotada consiste na aplicação da técnica de otimização pelo passo ascendente, na qual os parâmetros são ajustados gradualmente em direção a um objetivo específico. Os parâmetros considerados são a potência do laser, a velocidade de corte e a distância focal. Por meio de iterações sucessivas, os resultados são analisados e comparados para identificar os valores ótimos dos parâmetros. Os testes experimentais são realizados em chapas de MDF com espessuras de 3 e 6 mm. Os resultados obtidos demonstram que valores mais altos de potência resultam em cortes mais profundos e gravações mais intensas, porém aumentam o risco de danificar o material. Por outro lado, valores mais baixos de potência resultam em cortes menos profundos e gravações mais suaves, com menor impacto no material. Quanto a distância focal, foi mantida uma distância padrão entre o bico da caneta de corte e a chapa de MDF de 5,7 mm. A abordagem adotada neste estudo é embasada em experiências anteriores, pesquisa bibliográfica e conhecimento técnico especializado, o que contribui para a credibilidade e robustez dos resultados apresentados. Os resultados indicam que a técnica de otimização pelo passo ascendente é eficaz na definição dos parâmetros ideais para o corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> em MDF, permitindo obter resultados de alta qualidade e eficiência, eliminando a necessidade de retrabalho. Essa abordagem traz benefícios para a indústria de manufatura, como a redução de resíduos e retrabalho, a economia de tempo e recursos, e a melhoria da qualidade do produto final. Além dos resultados promissores obtidos, este estudo também identificou perspectivas para pesquisas futuras, como a aplicação da técnica de otimização em outros materiais similares ao MDF e a integração de outras técnicas, como redes neurais artificiais, para aprimorar ainda mais a qualidade do corte e gravação a laser. Essas perspectivas demonstram o potencial contínuo de avanço nessa área e destacam a importância deste estudo como ponto de partida para futuras investigações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corte a laser; Parâmetros; Otimização; Passo ascendente.

### **INTRODUÇÃO:**

O corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub>, são técnicas amplamente utilizadas na indústria de manufatura e design devido à sua precisão e versatilidade. Essas técnicas permitem a criação de detalhes intrincados e personalizados em diversos tipos de materiais, incluindo o MDF (*Medium Density Fiberboard*), que é uma opção popular devido à sua resistência e facilidade de processamento.

No entanto, de acordo com as pesquisas realizadas por Genna *et al.* (2020), obter resultados de alta qualidade e eficiência nesse processo requer a definição precisa dos parâmetros de corte e gravação. A determinação desses parâmetros é uma tarefa desafiadora devido à interação complexa entre as propriedades do material, o laser CO<sub>2</sub> e os parâmetros operacionais. A busca por parâmetros ótimos é essencial para maximizar a qualidade do corte e gravação, minimizar defeitos e otimizar o tempo de produção (LOGESH RATHINAM *et al.*, 2021).

Além disso, é importante mencionar que o laser CO<sub>2</sub> utilizado nesse processo possui características específicas. Conforme mencionado por Cienka (2021), o feixe de radiação é monocromático, direcionado,

temporal e espacialmente coerente, o que permite alta densidade de potência. Essa tecnologia é uma ferramenta sem desgaste, sem contato e facilmente controlável, podendo ser automatizada e robotizada.

Nesse contexto, a técnica de otimização pelo passo ascendente tem se destacado como uma abordagem promissora para determinar os valores ideais dos parâmetros (DOS ANJOS, 2005). Essa técnica baseia-se em uma estratégia iterativa, na qual os parâmetros são ajustados incrementalmente em direção a um objetivo específico, como a máxima velocidade de corte ou a melhor qualidade de gravação. Ao longo das iterações, os resultados são analisados e comparados, permitindo a identificação dos valores ótimos dos parâmetros.

O objetivo deste trabalho é explorar a definição de parâmetros ótimos para o corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> em MDF utilizando a técnica de otimização pelo passo ascendente. Serão identificados os parâmetros que influenciam significativamente na qualidade do processo e investigada a interação entre esses parâmetros e as propriedades do material (RUŽIAK *et al.*, 2022).

A relevância deste estudo reside na possibilidade de aprimorar a eficiência e a qualidade dos processos de corte e gravação a laser em MDF, fornecendo diretrizes claras para a definição dos parâmetros operacionais. Isso resultará em benefícios para a indústria de manufatura, como a redução de resíduos e retrabalho, a economia de tempo e recursos, e a melhoria da qualidade do produto final.

#### **METODOLOGIA:**

A metodologia adotada neste estudo consistiu na aplicação da técnica de otimização pelo passo ascendente para determinar os parâmetros ideais para o corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> em MDF.

Inicialmente, foram cuidadosamente selecionados os parâmetros a serem otimizados, levando em consideração sua influência na qualidade do processo. Esses parâmetros incluem a potência do laser, a velocidade de corte, e a distância focal.

Para realizar a otimização, foram executadas iterações sucessivas, nas quais os parâmetros foram ajustados de forma incremental em direção a um objetivo específico, ou seja, a maior velocidade de corte combinada com a menor potência possível de forma que garanta a qualidade do processo. Após cada iteração, os resultados foram analisados e comparados, a fim de identificar os valores ótimos dos parâmetros.

Com o intuito de compreender a interação entre os parâmetros e as propriedades do material, foram conduzidos testes experimentais. Amostras de MDF com diferentes espessuras foram selecionadas, permitindo uma investigação mais abrangente sobre como essas características afetam o processo de corte e gravação a laser.

Para a condução dos experimentos, utilizou-se um laser de CO<sub>2</sub> de alta potência, capaz de realizar com precisão o corte e a gravação em materiais como o MDF. A máquina de corte e gravação a laser em questão é a MAFRAN modelo MF-13090, o qual é um equipamento com tecnologia CNC (Controle Numérico Computadorizado) de *software* proprietário RDWorksV8 que possui área de corte de 1200x800 mm e potência do laser CO<sub>2</sub> de 130W. Foram utilizados chapas de MDF cru com espessuras de 3 e 6 mm.

Cabe ressaltar que todas as etapas da metodologia foram executadas em conformidade com as boas práticas de segurança e operação dos equipamentos, visando preservar a integridade dos pesquisadores envolvidos, de acordo com as diretrizes estabelecidas na NR-12, o que diz respeito à Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, e assegurar a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

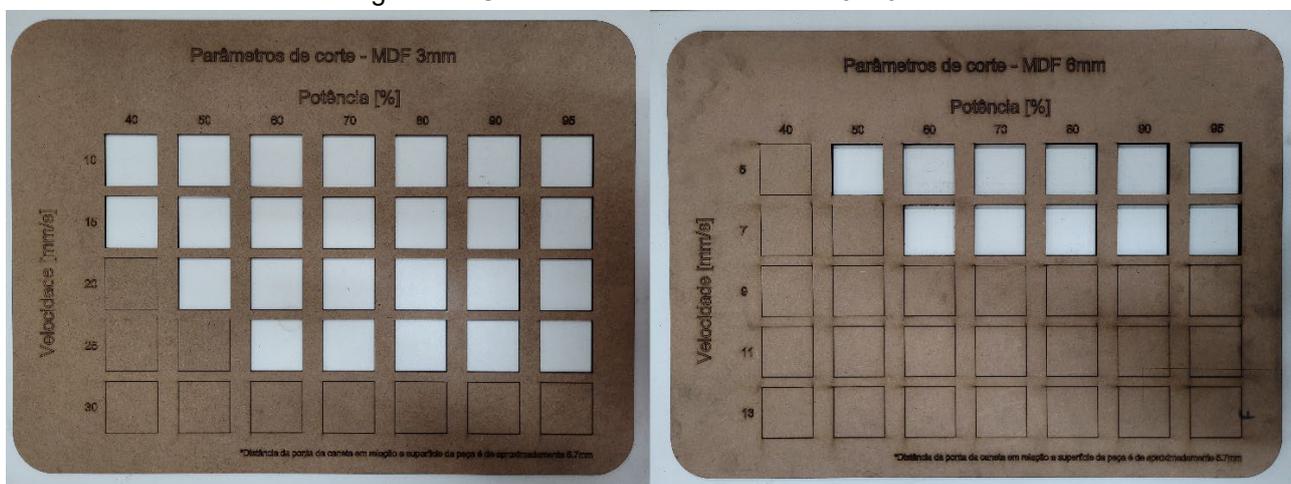
Adicionalmente, é válido destacar que a abordagem adotada neste estudo se baseou em experiências anteriores, pesquisas bibliográficas e conhecimentos técnicos especializados, a fim de embasar de forma sólida as escolhas feitas durante a metodologia. Isso contribui para a credibilidade e robustez dos resultados apresentados neste relatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os testes experimentais foram conduzidos utilizando a técnica de otimização pelo passo ascendente, na qual os parâmetros de corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> foram ajustados incrementalmente em chapas de MDF com espessuras de 3 e 6 mm. Foram avaliados os parâmetros que influenciavam diretamente a qualidade do corte, incluindo velocidade, potência e distância focal, com o objetivo de encontrar a combinação ideal para obter resultados de alta qualidade e eficiência, eliminando a necessidade de retrabalho.

Dessa forma, para determinar os parâmetros ótimos de corte a laser de CO<sub>2</sub> no MDF, foram realizados pré-cortes. Esses pré-cortes permitiram selecionar a faixa de velocidade do feixe em relação ao material e determinar a potência do laser adequada. Em seguida, utilizando o software da cortadora a laser de CO<sub>2</sub> para definir os parâmetros de corte e ajustando manualmente a distância focal, foi elaborada uma tabela que serviu como guia para auxiliar na definição dos parâmetros de corte, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Gabarito de corte em MDF de 3 e 6 mm



Fonte: Própria autoria.

Os pré-cortes mostraram que a variação da velocidade de corte teve um impacto significativo na qualidade do corte e na velocidade geral do processo. Observou-se que velocidades mais altas resultaram em cortes mais rápidos, no entanto, houve um comprometimento na qualidade do acabamento, com possíveis bordas queimadas ou irregularidades onde se vê necessário um retrabalho. Por outro lado, velocidades mais baixas resultaram em cortes mais precisos e acabamentos de melhor qualidade, mas com um tempo de processamento maior.

Em relação à potência do laser, constatou-se que valores mais altos resultaram em cortes mais profundos e gravações mais intensas. No entanto, o aumento da potência também levou a uma maior chance de danificar o material, como ocorrência de queimaduras excessivas. Valores de potência mais baixos, por sua vez, resultaram em cortes menos profundos e gravações mais suaves, mas com menor impacto no material.

A distância focal, por sua vez, foi igual em ambas as espessuras, pois é uma variável com um impacto menor em relação às anteriores. Assim, em ambos os gabaritos, a distância da ponta da caneta em relação à superfície da peça que se deseja cortar ou gravar foi definida em aproximadamente 5,7 mm. A Figura 2 ilustra como esse processo era realizado com o uso de um gabarito.

Figura 2 – Ajuste da distância da caneta em relação a peça



Fonte: Própria autoria.

Assim os dados obtidos referentes aos parâmetros de potência e velocidade para a realização dos cortes em MDF na chapa de 3 mm, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de corte em MDF de 3 mm

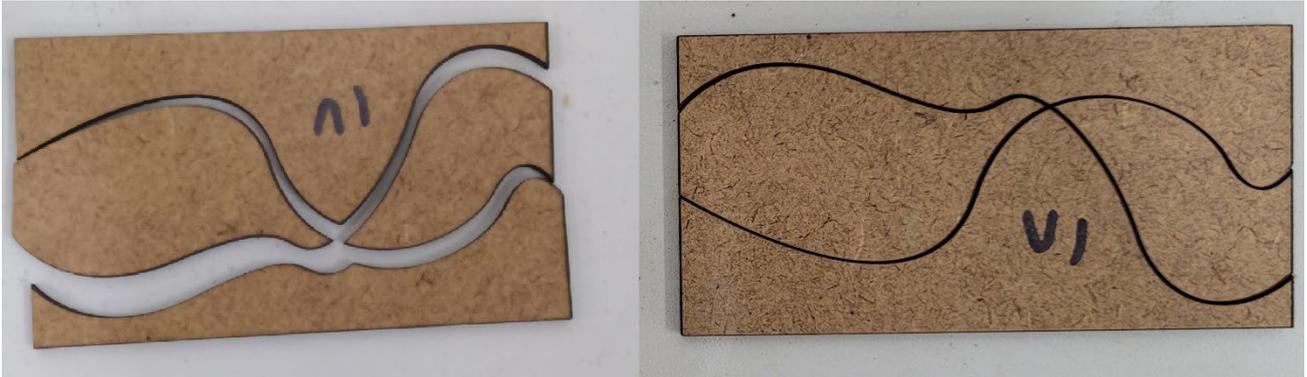
Parâmetros de corte e gravação a laser de CO <sub>2</sub> em MDF – 3mm								
		Potencia [%]						
Velocidade [mm/s]		40	50	60	70	80	90	95
10		Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
15		Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
20		Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green
25		Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green
30		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
40		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Fonte: Própria autoria.

Onde os testes com sombreamento verde representam os parâmetros em que ocorreu corte da chapa de MDF, enquanto os testes com sombreamento vermelho indicam a ausência de corte, resultando apenas na gravação da chapa.

Assim após a realização dos testes na chapa de 3 mm, identificou-se uma faixa de velocidade e potência que alcançou um equilíbrio na qualidade do resultado sem comprometer a integridade do MDF, o qual foi definido pela equipe que o ensaio com a potência de 40% e a velocidade em 12 mm/s, obteve os melhores resultados em relação a esses parâmetros, uma vez que também se preza pela vida útil da máquina de corte (Figura 3).

Figura 3 – Corte com os parâmetros ótimos para 3mm



Fonte: Própria autoria.

Assim os dados obtidos referentes aos parâmetros de potência e velocidade para a realização dos cortes em MDF na chapa de 6 mm, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de corte em MDF de 6 mm

Parâmetros de corte e gravação a laser de CO <sub>2</sub> em MDF – 6mm								
Potencia [%]	40	50	60	70	80	90	95	
Velocidade [mm/s]								
5								
7								
9								
11								
13								
15								

Fonte: Própria autoria.

Analogamente ao teste realizado para a chapa com espessura menor, para a realização dos testes na chapa de 6 mm, foi definido que o ensaio com a potência de 50% e a velocidade em 5 mm/s, obteve os melhores resultados com relação a velocidade e potência (Figura 4).

Figura 4 – Corte com os parâmetros ótimos para 6mm



Fonte: Própria autoria.

Por fim em relação a gravação, uma vez que não se busca o corte da chapa, a potência pode ser relativamente mais baixa e a velocidade pode ser consideravelmente mais alta, o qual a pesquisa resultou que os parâmetros ótimos para ambas as chapas foram de 20% de potência e 50 mm/s de velocidade.

É importante ressaltar que, apesar dos resultados promissores, existem outras variáveis que podem ser consideradas, como a densidade do material e planicidade do mesmo. Durante os testes experimentais, verificou-se que a falta de planicidade da chapa de MDF pode afetar significativamente o resultado do corte e gravação a laser. Para contornar esse problema, foi adotada uma solução prática, na qual pesos foram adicionados sobre a chapa durante os testes. Essa medida proporcionou uma melhor planificação da chapa, contribuindo para resultados mais precisos e consistentes. Além disso, é fundamental enfatizar que a interpretação e generalização desses resultados devem ser feitas considerando as condições específicas do equipamento utilizado e do MDF utilizado no estudo.

### CONCLUSÕES:

Com base nos resultados da pesquisa, concluiu-se que a técnica de otimização pelo passo ascendente é uma abordagem eficaz para definir os parâmetros ótimos de corte e gravação a laser de CO<sub>2</sub> em MDF. Os parâmetros ótimos foram determinados para diferentes espessuras de MDF, resultando em cortes e gravações de alta qualidade, com redução de custo e tempo de processamento. Além disso, foi observado que a variação da velocidade de corte e potência do laser teve um impacto significativo na qualidade do processo de corte e gravação. Os resultados das tabelas mostram que essa relação não é linear, o que é contraintuitivo, e indica que a velocidade tem uma influência maior nos resultados em comparação com a potência. Portanto, é necessário encontrar um equilíbrio entre esses parâmetros para garantir a qualidade do acabamento. Outro fator importante que pode afetar significativamente os resultados é a planicidade da chapa de MDF, uma vez que a distância focal da lente da cortadora a laser é alterada, modificando assim a intensidade do laser no local de corte.

Por fim, foram identificadas possíveis perspectivas futuras para o trabalho, incluindo a aplicação da técnica de otimização em outros materiais similares ao MDF, como o papelão, e até mesmo a integração de outras técnicas de otimização para aprimorar ainda mais a qualidade do corte e gravação a laser, como o uso de redes neurais artificiais, conforme demonstrado por Logesh Rathinam *et al.* (2021).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CIENKA, Agnieszka Edyta; CIECIŃSKA, Barbara. Optimization of laser cutting conditions of polypropylene and polypropylene with talc. **Physics for Economy**, v. 4, 2021.

DOS ANJOS, Adilson. PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS I: Notas de Aula. **Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 7 mar. 2005.

GENNA, Silvio *et al.* Experimental investigation of industrial laser cutting: The effect of the material selection and the process parameters on the kerf quality. **Applied Sciences**, v. 10, n. 14, p. 4956, 2020.

LOGESH RATHINAM, V. *et al.* A review on laser cutting process. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, 2021.

RUŽIAK, Ivan *et al.* Prediction of the Effect of CO<sub>2</sub> Laser Cutting Conditions on Spruce Wood Cut Characteristics Using an Artificial Neural Network. **Applied Sciences**, v. 12, n. 22, p. 11355, 2022.