

## COMPARATIVO DE CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA ENTRE PROCESSO DE MANUFATURA ADITIVA E USINAGEM CNC APLICADO À COMPONENTE DO SETOR DE ÓLEO E GÁS

Joyce Mara Brito Maia<sup>1</sup>; Samuel Alex Sipert Miranda<sup>2</sup>, Rodrigo Santiago Coelho<sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Mestranda em Programa de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável; PRH 27.1 – ANP FINEP; joyce.maia@aln.senaicimatec.edu.br

<sup>2</sup> Bolsista de PD&I; samuel.miranda@fbter.org.br

<sup>3</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; rodrigo.coelho@fieb.org.br

### RESUMO

O presente trabalho elucida o impacto ambiental na produção de componente do setor de óleo e gás analisando duas rotas distintas de produção. Para isso foi realizada avaliação de ciclo de vida do processo de usinagem CNC e da manufatura aditiva (MA) utilizando a tecnologia Multi Jet Fusion (MJF). Foram elaborados inventários de ciclo de vida para ambos os processos, sendo utilizado o software Open LCA e as informações do banco de dados Ecoinvent para o desenvolvimento do ciclo de vida, sendo considerado como método de impacto o Cumulative Energy Demand (CED). A partir das análises foi constatado que o processo de usinagem apresentou demanda energética de 7177 MJ enquanto a MJF apresentou 3214 MJ, menos que a metade de energia primária necessária para a produção de uma unidade do componente estudado, indicando assim que a fabricação por MJF apresenta maior sustentabilidade ambiental que o processo convencional por usinagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Óleo e gás; Usinagem; Manufatura aditiva; Impactos ambientais.

### 1. INTRODUÇÃO

A ascensão da indústria 4.0 e o desenvolvimento tecnológico empregado no setor de produção gerou despertar para a produtividade atrelada à sustentabilidade, fator que mudou a forma de analisar o desempenho do sistema de produção. Antes eram levados em consideração fatores como custo, tempo, qualidade e flexibilidade, porém fortes tendências mundiais como as mudanças climáticas alteraram a forma de análise de desempenho ao inserir a sustentabilidade em todas as fases do processo de tomada de decisão.

Ao longo dos anos as pesquisas acerca de tecnologias que possibilitassem a produção com ganhos significativos, redução de material utilizado, melhoria na customização e redução do tempo de disponibilidade do produto no mercado aumentaram.<sup>1</sup> Assim, a manufatura aditiva (MA) surgiu nesse cenário, sendo ainda posteriormente considerada uma aliada na redução de impactos ambientais por gerar menor desperdício de matéria-prima e menos emissões que alguns outros processos mais tradicionais.

Em sua maioria, os componentes de determinados setores, principalmente o de óleo e gás, são fabricados por processos convencionais, como a usinagem, forjamento ou fundição, sendo muitas vezes fabricados fora do país, o que geram maiores custos e impactos pela importação. A escolha por processos convencionais acontece por conta da confiabilidade e maturidade dos processos, visto que em sua maioria, muito desses componentes são de alto riscos. A adoção da MA pela indústria de óleo e gás apresenta uma contribuição bastante significativa na cadeia de suprimentos, visto que a fabricação por esse processo pode ser feita com baixa fiscalização humana, de maneira mais rápida e fazendo uso de geometrias consideradas complexas.<sup>2</sup> Além disso é possível contribuir com a redução de impactos ambientais durante o processo produtivo de componentes.

Porém, análises do quanto a substituição de processos convencionais pelo de MA aplicada ao setor de óleo e gás contribui na diminuição ou geração de impactos ambientais, ainda é pouco explorado. Em virtude disso, esse trabalho tem como objetivo investigar a sustentabilidade ambiental da MA quando aplicada ao setor de óleo e gás na produção de uma carcaça de câmara utilizada em robôs submarinos, tendo como objetivos específicos: identificar os parâmetros e dados de processo, realizar avaliação de ciclo de vida considerando o processo convencional e a MA e analisar os resultados encontrados para o método de impacto investigado.

### 2. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho tem como base a realização de uma avaliação de ciclo de vida de uma carcaça de câmara utilizada em plataformas robóticas submarina para o setor de óleo e gás. O componente

foi produzido em manufatura convencional por processo de usinagem CNC e em MA pela tecnologia Multi Jet Fusion (MJF). Quando fabricado por usinagem foi utilizada liga de Al 6061, pesando ao final 6,15 Kg e necessidade de 62 parafusos para sua montagem, enquanto quando produzido pela MJF foi utilizada poliamida 12 (PA 12), pesando ao final 1,82 Kg e necessidade de apenas 4 parafusos para sua montagem.

Para a avaliação do ciclo de vida foram identificados todos os dados de processamento inerentes a usinagem e a MA. Foi utilizada a amplitude do berço-ao-portão, considerando os impactos gerados desde a produção da matéria-prima até a produção final do componente, excluindo impactos de uso. Inventários de ciclo de vida foram elaborados considerando para a usinagem de uma unidade de carcaça de câmera a utilização de 28 Kg de liga de Al, 0,08 Kg de óleo lubrificante e consumo de energia de 183,2 kWh, enquanto para a MA por MJF se deu pela utilização de 4,1 Kg de PA 12 virgem, 16,3 Kg de PA 12 reciclado, 0,13 Kg de agente de fusão, 0,09 Kg de agente de detalhamento e consumo de energia de 73,1 kWh.

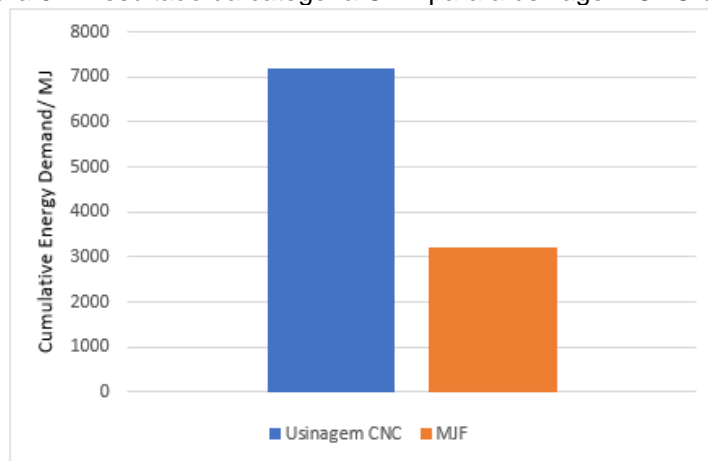
Para a construção dos inventários e cálculo de impactos de ciclo de vida foi utilizado o software Open LCA com dados extraídos do banco de dados Ecoinvent, sendo utilizada para a avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV) o método de impacto Cumulative Energy Demand (CED), pelo qual é possível obter informações sobre a demanda primária de energia vinculada às produções.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o método de impacto CED mostram menor necessidade de demanda energética por parte da MA pela tecnologia MJF, sendo 7177 MJ a demanda energética do processo de usinagem CNC e 3214 MJ a demanda energética da MJF, como mostrado na Figura 01. Alguns estudos apontam que o material e o consumo de energia representam o maior consumo entre os processos do sistema de produção de componentes, sendo estes os maiores geradores de impacto ambiental.<sup>3</sup>

O método CED é um indicador utilizado como parâmetro de eficiência energética e monitoramento para os impactos ambientais de processos e serve para comparar a demanda de energia primária na aplicação de um estudo de ACV.<sup>4</sup> Com base no resultado do gráfico é notório que a tecnologia de MJF tem um menor impacto de CED do que a usinagem devido ao seu processo de produção mais eficiente em termos de energia e menor desperdício de material.

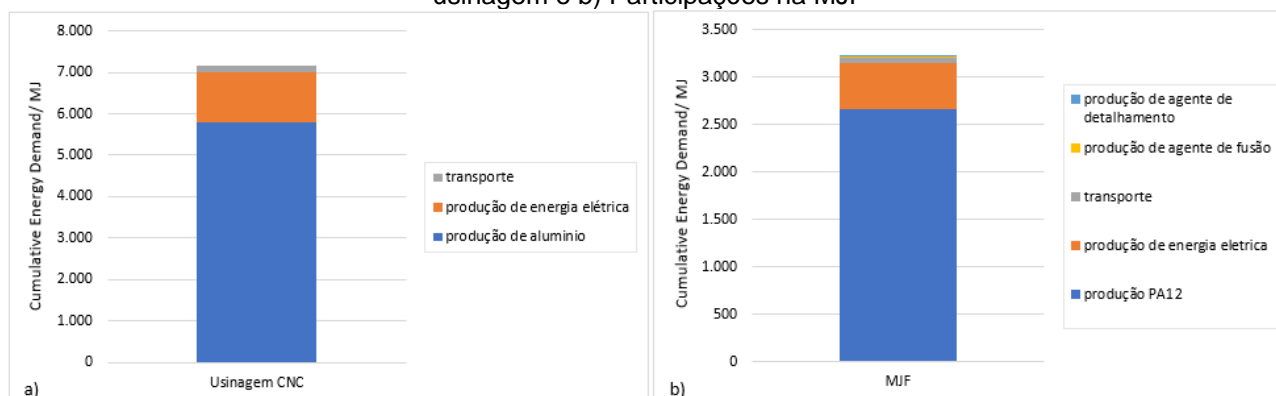
Figura 01: Resultado da categoria CED para a usinagem CNC e MJF



Ao verificar a demanda energética da usinagem é possível identificar a produção de alumínio como maior contribuinte para os impactos ambientais, podendo ser justificado pelo fato de que mesmo a matriz energética brasileira ser em grande parcela baseada nas hidrelétricas, a liga de alumínio empregada é de origem primária não apresentando redução de impactos em função de parcela reciclada. Na Figura 02 são mostrados os percentuais inerentes à produção da unidade funcional por meio da usinagem em a) e por MJF em b).

Em contrapartida a demanda energética do processo de produção de PA 12, maior contribuinte para os impactos de CED pela MJF, não é ainda maior pelo fato de sua proporção de uso envolver 80% de pó reutilizado, dissipando o impacto ambiental gerado pela produção da matéria-prima. A demanda energética da produção de PA 12 pode apresentar alta contribuição pelo processo de produção do pó ter a possibilidade de envolver precipitação ou polimerização direta.<sup>5</sup> Porém, mesmo com esse fator a demanda energética da MJF para a produção da carcaça de câmera tem valor menor que a metade do utilizado na usinagem CNC.

Figura 02: Percentual de participação dos processos fabricação para categoria CED: a) Participações na usinagem e b) Participações na MJF



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das tecnologias de MA por alguns setores pode gerar diversas vantagens de aplicação e em alguns casos contribuir para a redução de impactos ambientais quando comparado com determinados processos que vêm sendo utilizados há anos. Pensando na maior adoção da MA pelo setor de óleo e gás e alinhamento com as iniciativas de redução de impactos e enquadramento com empresas que se preocupam com a sustentabilidade de seus processos e atividades, nesse estudo foi analisada a demanda de energia primária para um componente fabricado por usinagem e por MA pela tecnologia MJF. A MA, utilizando a tecnologia MJF, gerou menores impactos do que a usinagem CNC quando analisado o método de CED, indicando que a tecnologia de MJF é uma opção mais sustentável ambientalmente do que a usinagem quando se trata de demanda de energia acumulada.

#### Agradecimentos

Agradecimento à Agência Nacional de Petróleo pela bolsa e auxílio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> ALMEIDA, Alberto Mendonça de. **Principais barreiras para a implementação para a manufatura aditiva no Brasil**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho - Uninove, São Paulo, 2019.
- <sup>2</sup> WOOLDRIDGE, Madison et. al, "Applications of Metal Additive Manufacturing in the Oil and Gas Industry", in **Offshore Technology Conference**, 04 may. 2020.
- <sup>3</sup> PENG, Tao et al. Sustainability of additive manufacturing: an overview on its energy demand and environmental impact. **Additive Manufacturing**, [S.L.], v. 21, p. 694-704, maio 2018.
- <sup>4</sup> GUANAIS, Ana Luiza Rezende; COHIM, Eduardo Borges; MEDEIROS, Diego Lima. Avaliação energética de um sistema integrado de abastecimento de água. **Engenharia Sanitária Ambiental**, [s. l], v. 22, n. 6, p. 1187-1196, nov. 2017.
- <sup>5</sup> SCHMID, Manfred et al. Influence of the Origin of Polyamide 12 Powder on the Laser Sintering Process and Laser Sintered Parts. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 7, n. 5, p. 1-15, 30 abr. 2017.