



RESUMO DE PESQUISA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - PIBIC/SAE



Otimização Topológica Aplicada a Estruturas Agrícolas

Bolsista: Murilo Costa Dobies

RA: 174965

Orientador: Prof. Dr. William Martins Vicente

Matrícula: 312195

Vigência: Agosto 2019 - Agosto 2020

Campinas

Outubro, 2020

1. INTRODUÇÃO

A agricultura insere-se cada vez mais aos avanços tecnológicos. Isso se deve a crescente demanda de produção e produtividade, e redução dos custos, estruturando uma agricultura de tecnologia e conhecimento capazes de garantir uma segurança alimentar (FILHO et al., 2011).

Inserida a este contexto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, a abordagem da otimização estrutural para implementos voltados à atividades agrícolas parece promissora. Os métodos de otimização estrutural, abundantemente empregados nas áreas das engenharias, conquista cada vez mais espaço devido ao progresso da computação paralela e de alto desempenho (VICENTE, 2013). Estas metodologias de otimização são subdivididas em otimização paramétrica, otimização de forma e a otimização topológica. O método de otimização topológica fundamenta-se numa rotina computacional que possibilita projetar a topologia ótima de uma estrutura (KYIONO, 2008), dentro de uma dependência de restrições.

Por tanto, metodologias computacionais de análise estrutural e de otimização apresentam-se como indispensáveis na obtenção de soluções confiáveis (VITORINO, 2019). Para tanto, busca-se a aplicação de uma rotina de otimização que possua a capacidade de aperfeiçoar modelos que representem sistemas da área agrícola.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma rotina computacional para otimização estrutural de implementos agrícolas com aplicação do software comercial Ansys® Workbench.

Os objetivos específicos deste trabalho são o desenvolvimento de um procedimento para realização da otimização topológica de estruturas; e implementação da rotina de otimização estrutural com restrições distintas para hastes de subsoladores agrícolas.

3. DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento de uma eficiente rotina de otimização se fez-se necessário a revisão de literatura, buscando-se a compreensão de conceitos relacionados diretamente à otimização topológica de estruturas considerando a maximização da rigidez (minimização da *Compliance*) e tendo o volume da estrutura como restrição. Compreendendo a teoria e a metodologia por trás da otimização topológica o estudo da programação e



ambientação com o programa utilizado é crucial, pois os resultados são dependentes das rotinas desenvolvidas no *software* Ansys® desde a geração de uma geometria padrão, até as geometrias obtidas após as simulações para cada estudo de caso.

Para a definição de um modelo de haste de subsolador didático e direcionado a rotina de análise estrutural, gerou-se a estrutura baseada em modelos comerciais (Figura 1), inicialmente elaborado através do *software* AutoCAD® versão estudantil e posteriormente exportado e aperfeiçoado no Ansys® Workbench versão acadêmica (Figura 2). Sendo fornecidas as propriedades do material utilizado, aço padrão, pelo próprio *software* Ansys®.



Figura 1: Modelo de haste de subsolador utilizada como referência (à esquerda) e Modelo ponteira de subsolador utilizada como referência. Fontes: Website da marca BALDAN modelo 53260100080. Disponível em: <<https://www.baldan.com.br/conteudo/haste-subsolador.html>>. Acesso em: 8 set. 2019; Website da marca IFAL modelo FRE 45. Disponível em: <<http://www.facaifal.com.br/galeria/subsoladores>>. Acesso em: 22 set. 2019.

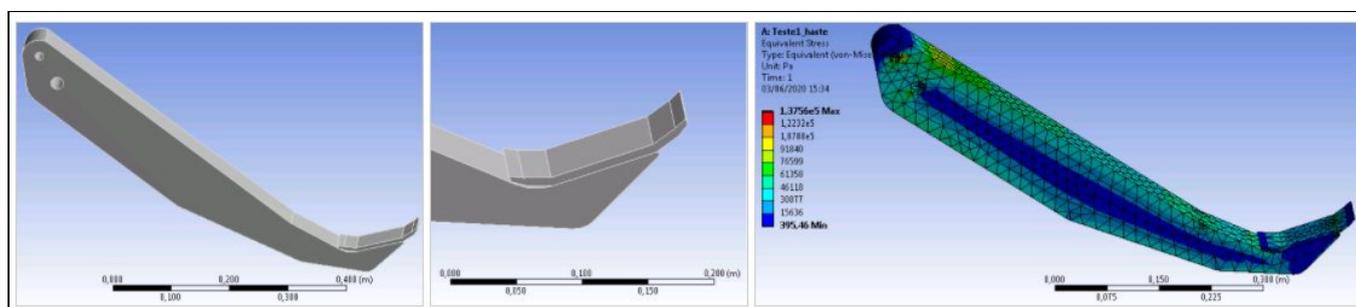


Figura 2: Modelo de haste e ponteira de subsolador padrão para os estudos de caso (imagens à esquerda) e simulação da reação da estrutura aos esforços empregados com análise de tensão equivalente de Von-Mises. (*Software* utilizado: Ansys® Workbench - Versão Acadêmica).

Com o modelo de geometria padrão e o método de otimização definido realizou-se a rotina de resolução dos problemas de rigidez para empregar a otimização topológica do Ansys® Workbench, seguindo uma prática pré-definida e expressa no fluxograma (Figura 3). Este fluxograma apresenta toda a rotina metodológica elaborada para a realização do estudo de otimização topológica de uma haste de subsolador. Iniciando com a elaboração do modelo padrão, seguido por um subprograma iterativo que utiliza a conversão de massa e da função objetivo como critério de parada. Esta sequência iterativa baseia-se na implementação da malha de elementos finitos, seguido da obtenção da resposta estrutural do sistema (Figura 2, imagem à direita) adotando os esforços, condições de contorno e restrições necessárias finalizando com otimização topológica pelo método SCP e atualização da topologia.

Seguido da primeira sequência iterativa, alcança-se a etapa de adaptação e aperfeiçoamento da estrutura otimizada. Esta etapa é desenvolvida com a sobreposição das geometrias inicial e otimizada, a fim de eliminar



possíveis pontos de concentração de tensão e atingir estruturas com geometrias de confecção viáveis. Esta também é um subprograma iterativo e possui como critério a comparação dos volumes da estrutura adaptada com a obtida através da otimização topológica. Posterior às convergências dos subprogramas a geometria final é submetida a resposta estrutural do sistema para a tensão equivalente de Von-Mises, a qual é submetida a uma análise comparativa com primeira resposta estrutural.

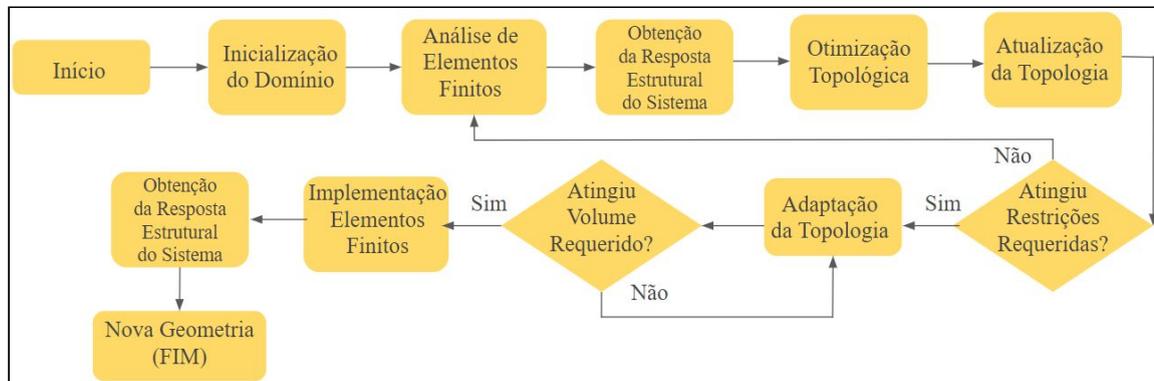


Figura 3: Fluxograma da rotina de otimização topológica desenvolvida.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se de um problema clássico a rotina desenvolvida foi validada em comparação com os resultados obtidos por VICENTE (2013), apresentando algumas divergências devido ao refinamento da malha de elementos finitos, as quais foram reduzidas pela adaptação da estrutura otimizada.

Com a rotina estruturada e validada foi permitido o desenvolvimento de diferentes estudos de caso sob a objetividade da otimização estrutural de implementos agrícolas, determinando-se como parâmetros variáveis a composição da malha de elementos finitos e a redução de massa da estrutura da haste de subsolagem, utilizando a estrutura padrão (Figura 2) para todos os cinco estudos de caso desenvolvidos. Com carregamentos didáticos empregados sobre a área da ponteira e vizinha à mesma, a análise de tensões apresenta uma tensão máxima de $1,327e^5$ Pa, localizada no interior do furo superior da haste, indicando também regiões com elementos sofrendo poucos esforços, retratados com a coloração azul na Figura 2, os quais serão objetivados durante a fase de otimização topológica.

4.1.Estudo de Caso

O Estudo de Caso apresentado neste é um dentre os cinco desenvolvidos nesta iniciação científica. Este caracteriza-se por objetivar a otimização com redução à 60% da massa e um refinamento da malha de elementos finitos com dimensão de 0,005 m.

Prontamente nota-se diferenças relevantes nas iterações da otimização topológica, essencialmente na geometria obtida na vigésima iteração comparada com a da segunda iteração (Figura 4.1). Esta mudança e distribuição de elementos no interior caracteriza-se pela convergência da redução de massa atingida logo na primeira iteração, porém, a otimização da estrutura continua buscando-se também a convergência da função objetivo, o que aperfeiçoa a estrutura otimizada com a realocação de material no interior da haste e na base da ponteira do elemento.

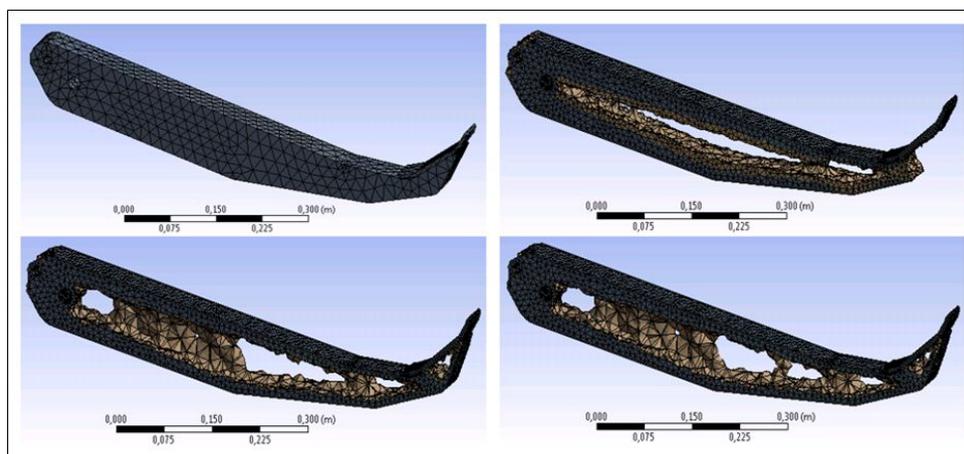


Figura 4.1: Quadro com exposição de diferentes iterações da otimização topológica, sendo as iterações: 1, 2, 12 e 20. (Software utilizado: Ansys® Workbench - Versão Acadêmica).

A fase de adaptação baseando-se na geometria padrão e a conseguida pela otimização angariou resultados promissores e interessantes (Figura 4.2), pois com a redução da malha de elementos a etapa de adaptação apresentou maior acessibilidade às atividades de melhoria desenvolvidas, logo a validação através da análise dos volumes finais das estruturas possuíram melhor acurácia também. O volume final da estrutura otimizada foi de $1,935e^{-3} \text{ m}^3$ enquanto a fase de adaptação proporcionou um volume de $2,022e^{-3} \text{ m}^3$, sendo assim 2,71% de aumento em relação à restrição de otimização imposta sobre a geometria padrão.

Bem como a análise de tensões também retrata uma variação razoável quando confrontada pelas tensões apresentadas pela geometria inicial, sendo as tensões máximas $0,1522 \text{ MPa}$ e a inicial $0,1375 \text{ MPa}$, indicando uma diferença de 12,81%. Porém, fica evidente a influência de uma malha de elementos finitos refinada para o progresso da otimização.

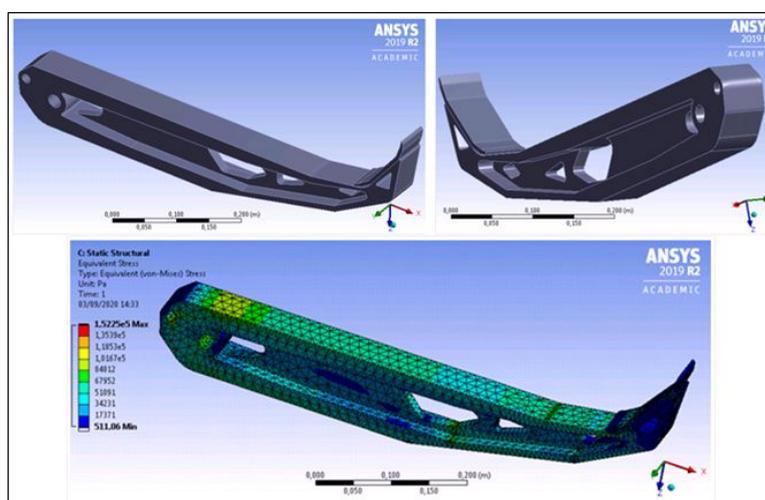


Figura 4.2: Geometria final obtida após a etapa de adaptação (figuras acima) e simulação da reação aos esforços empregados com análise de Tensão Equivalente de Von-Mises.



5. CONCLUSÃO

Os levantamentos de dados proporcionados pela revisão da literatura em conjunto com os resultados obtidos permite depreender alguns desfechos da otimização topológica para implementos agrícolas. A consideração inicial é quanto a simplificação do modelo de haste de subsolador e o razoável refinamento da malha de elementos finitos para adequação às limitações do *software* Ansys® versão acadêmica. Dentro do proposto, desdobramentos interessantes com o emprego da fase de aperfeiçoamento e adaptação proporcionou a redução de pontos com concentração de tensão e geração de geometrias com concepções plausíveis. Destaca-se que um refinamento melhor da malha garante uma otimização topológica mais eficiente e uma elevação da complexidade para a adaptação da geometria.

Importante notar que com uma redução excessiva da massa objetivada pela otimização, pode ocasionar um aumento significativo das tensões máximas nas estruturas e da complexidade da etapa de aperfeiçoamento pós otimização topológica. Esta complexidade é confirmada pela elevação considerável do volume na etapa de adaptação da topologia quando comparada à atingida pela otimização.

Outra consideração pertinente é quanto a utilização de cargas didáticas para as simulações do estudo, o que evidencia que valores obtidos não são condizentes a esforços reais, no entanto, apresenta perspectivas significativas para análise de estruturas sob a rotina implementada.

Por tanto, a otimização topológica apresenta-se como uma alternativa competente para o aperfeiçoamento de estruturas em conjunto com a rotina aplicada, conceitualmente atingindo uma redução do volume do implemento sem apresentar um aumento significativo das tensões máximas, obtendo uma estrutura otimizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDSØE, M. P.; SIGMUND, O. *Topology optimization: theory, methods, and applications*. 2nd. ed. Berlin: Springer Verlag, 2003.

FILHO, K. E.; FONTES, R. R.; CONTINI, E.; CAMPOS, F. A. A. O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. *Revista de Política Agrícola*. Ano XX - N° 4 - Dez. 2011. Disponível em: <<https://bitly.com/L3ATk>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

KYIONO, C. Y. *Método de Otimização Topológica aplicado ao Projeto de Sonotrodos para Transdutores Piezelétricos*. São Paulo. Mar. 2018. 163 p. Dissertação Mestrado, Engenharia Mecânica - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VICENTE, W. M. *Otimização Topológica Evolucionária Aplicada a Sistemas Elasto-Acústicos*. 2013. 169 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica - Mecânica dos Solos e Projeto Mecânico) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

VITORINO, A. *OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA DE ESTRUTURAS TRIDIMENSIONAIS*. Campinas - São Paulo, 2019. 79 p. Dissertação Mestrado, Matemática Aplicada - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.