



USO DE FERRAMENTAS CAD PARA PROJETOS DE COMPONENTES SOLDADOS

GIANLUCA GIOVANNI ZOFFOLI, JOSE ALVES DA SILVA NETO, GIORGIO
EUGENIO OSCARE GIACAGLIA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – UNITAU
Rua Daniel Danelli, s/n, Jd. Morumbi, Taubaté/SP– CEP 12060-440 – Brasil

(Recibido 9 de septiembre de 2019, revisado para publicación 21 de marzo de 2021)

Resumo – O objetivo desta dissertação é demonstrar a utilização de ferramentas CAD para criação de estruturas soldadas de uma maneira geral e como podem auxiliar, facilitando a etapa de desenvolvimento de projeto mecânico. Os métodos utilizados foram além de pesquisa bibliográfica, principalmente a utilização da metodologia aplicada, demonstrando passo-a-passo da utilização das ferramentas para realização das etapas de projetos. Através da análise dos resultados obtidos foram verificados benefícios para o desenvolvimento de componentes de estruturas soldadas, como, além de armazenamento de informações sobre os componentes estruturais; como medidas, propriedades mecânicas dos materiais, posicionamentos, automação de detalhamentos e outros detalhes que contribuem para qualidade, tempo e lucratividade. Concluiu-se também, que com as etapas sugeridas, é possível criar modelos que podem ser configurados e utilizados para estabelecer metodologias adequadas de desenvolvimento dos projetos, como boas práticas para execução de projetos mecânicos.

Palabras clave – CAD, Ferramentas de Soldagem, Projeto Mecânico, Componentes Soldados.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado conta com um grande número de produtos obtidos por meio da utilização de estruturas soldadas que demandam a busca por produtos competitivos e trazendo então em consequência a exigência pelo avanço da tecnologia. Voisinet em 1988 já afirmava, o sistema CAD pode ser o mais importante avanço que ocorreu na área nos últimos anos. Hoje diversas técnicas de engenharia estão em constante desenvolvimento e esses softwares estão desempenhando papéis cada vez mais importantes também, facilitando a vida dos projetistas e engenheiros. Com os componentes de soldagem das ferramentas CAD, é possível trazer em seu ambiente diversas etapas de aplicação e técnicas, através de normas, padrões e sequências que auxiliam no desenvolvimento de projetos de maneira geral. Em um processo de projeto de estruturas metálicas soldadas, segundo Teixeira (2007), acredita-se que a etapa de projetos deve ser ainda mais valorizada em empreendimentos que utilizem sistemas construtivos metálicos, desta forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica.

Assim será possível verificar mais a frente algumas etapas e algumas técnicas para executar de forma mais eficiente a ferramenta, seja para criar peças moduladas ou criadas especificamente para cada projeto. Outro objetivo deste estudo é contribuir para o incentivo a realização de pesquisas, aperfeiçoamentos e melhorias no uso destes softwares, essenciais para o desenvolvimento da área no âmbito da engenharia do século XXI.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desenho Técnico e Normas

Para French e Vierck, (1985) o desenho técnico é o principal método de comunicação em engenharia e ciência e o principal responsável pelos progressos que estão ocorrendo principalmente no século XX, podendo ainda, ser o mais importante nos cursos de formação dos profissionais da área, devido a razão inquestionável dela ser a linguagem dos mesmos.

Para Ulbricht (1992) o desenho técnico é uma linguagem de expressão gráfica que permite a transmissão de informações técnicas entre indivíduos, além disso, com ele são fornecidos todos os detalhes da construção ou fabricação: medidas, formatos, dimensões, materiais a serem utilizados, acabamento desejado, tolerâncias e outras diretrizes.

Ainda segundo esses mesmos autores (op. cit.), como sendo uma linguagem de expressão, e com o passar dos anos, com o desenvolvimento tecnológico sempre crescente e os processos industriais de produção exigindo uma padronização nos sistemas de representação do desenho mecânico, passaram então, a serem subordinadas por regras, que são as normas técnicas e a respectiva simbologia. No Brasil, o sistema de normas adotado, tanto para desenho técnico quanto aos demais assuntos pertinentes aos mais diversos ramos da indústria e serviços, é a série de normas NBR. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019).

2.2. Sistemas CAD

Para Speck, 2005, após a revolução industrial, e o conseqüente surgimento da tecnologia gráfica, melhorou muito os poderes físicos do homem, além disso, propiciando expressar de modo mais realista e amplo a forma e os detalhes dos objetos a serem representados, melhorando a sua interpretação.

Voisinet, (1988), considera o uso do computador em profissões de desenho e projeto o mais significativo desenvolvimento que ocorreu na engenharia. A tecnologia foi se desenvolvendo e ajudou a solucionar vários problemas, fazendo as velhas técnicas de desenhos técnicos executados à mão, as pranchetas usadas pelos projetistas sendo substituídas por computadores que utilizavam *Computer Aided Design*.

O sistema CAD é um método computacional bastante utilizado principalmente no desenvolvimento de projetos de Engenharia e Arquitetura. “A ferramenta consiste em um software voltado ao desenho técnico, reunindo diversas ferramentas destinadas aos mais variados fins”. (Amaral e Filho, 2010)

Segundo Kao e Lin (1996, apud Álvares e Ferreira, 2003), foram desenvolvidos durante a década de 70, e têm obtido sucesso em aplicações industriais tendo como resultado um aumento significativo na produtividade e competitividade.

Existem softwares para os mais diversos fins, para as demais áreas de aplicações dos projetos na engenharia, no entanto, os projetistas devem avaliar as ferramentas mais conhecidas e que atendam às suas necessidades, para Do Carmo, (2017), um dos programas mais utilizados hoje em dia é o *Solidworks*, um software de modelagem sólida, paramétrica, baseado em recursos ou etapas (*features*).

A qualidade do projeto realizado depende muito do tempo destinado para a realização e também a configuração do mesmo, a elaboração dos melhores processos na sua realização, influenciam diretamente no resultado final. Para Miyamoto *et al.*, (2008), é importante considerar o tempo gasto, com a instabilidade dos objetos, ou mesmo com a possibilidade de compartilhar o modelo com outros programas.

O ciclo de um projeto mecânico é dividido basicamente na fase de concepção e detalhamento, a fase de concepção é caracterizada pela intensiva aplicação da engenharia, da tecnologia, da criatividade, a fase na qual efetivamente agregamos valor ao produto final e a fase de detalhamento é aquela na qual geramos desenhos 2D para fabricação. (Solinho, 2002). No entanto, para Do Carmo (2017), com os modeladores baseados em *features*, o ciclo de projeto pode ser reduzido, automatizando o processo de detalhamento.

Outra importante ferramenta que o software conta é a capacidade de processamento de dados, realizando simulações dos modelos, através das plataformas *Computer Aided Engineering*, com base no *Método dos Elementos Finitos*. “CAE é uma ferramenta que analisa e processa cálculo de forma a minimizar esforços braçais do engenheiro, se preocupando menos com a parte operacional e mais com a questão estratégica, fazendo-a uma ferramenta poderosa para redução de custos de um projeto e minimizando tempo para o lançamento do produto”. (Amaral e Filho, 2010).

2.3. Projeto Mecânico

O termo Projeto é associado ao ato de gerar novas ideias, novas soluções para diversos problemas da sociedade como um todo, ou seja, a Engenharia utiliza conceitos das ciências puras, como por exemplo, física e matemática em conjunto com tecnologias para construir algo que ainda não existe ou melhorar produtos. (Silveira, 2003)

Para Shigley (2005), projetar consiste tanto em formular um plano para a satisfação de uma necessidade específica quanto em solucionar um problema. Se a intenção é criar uma realidade física, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável.

Para Chamberlain (2013), Os critérios de projeto devem satisfazer a todas as necessidades funcionais e econômicas de um projeto integrado, orientado a um ou vários tipos de sistemas estruturais, assim como as características do material, a configuração e magnitude das cargas. Os critérios de segurança devem ser aqueles definidos nas Normas, devidamente citadas no memorial de cálculo ou desenhos. Os critérios de projeto não devem ser confundidos com as especificações. Estas últimas são sempre referentes a materiais ou métodos de execução. No projeto devem ser considerados como aspectos fundamentais e totalmente interligados os seguintes fatores, os quais deverão ser escolhidos:

- O sistema, estruturas e sua configuração;
- As características mecânicas dos materiais a serem usados;
- As cargas que deverá suportar a estrutura;
- As limitações (resistência, dimensões, flechas etc.);
- O tipo de análise estrutural a ser realizado;
- As especificações para fabricação, transporte e montagem.

Além disso, para Ashby (2011), cada um desses estágios exige decisões sobre os materiais com os quais o produto será feito e sobre o processo a ser utilizado na sua confecção. Sendo necessário um estudo para seleção de materiais, visando a redução de peso, a permanência da rigidez e resistência, a fácil manufatura e a boa soldabilidade, compreendendo também a aplicação de cada estrutura.

“Os objetivos-chave de toda atividade de projeto mecânico são: seleção do melhor material possível e determinação da melhor geometria possível para cada peça.” (Collins, 2006)

“Acredita-se que a etapa de projetos deve ser ainda mais valorizada em empreendimentos que utilizem sistemas construtivos metálicos. Por conceber a ideia de industrialização da construção, este sistema construtivo é menos sujeito a improvisações de obra devido à, por exemplo, deficiências nos projetos. Problemas de projeto interferem na agilidade do processo construtivo e na qualidade do produto, o que reduz a competitividade da construção metálica. Desta forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica.” (Teixeira, 2007)

Como afirma também, Castro (1999), que projetar uma estrutura metálica requer um conhecimento aprofundado das características e propriedades dos materiais envolvidos.

2.4. Propriedades Mecânicas dos Materiais

As propriedades mecânicas apresentam-se quando o material está sujeito a esforços de natureza mecânica. Ou seja, essas propriedades determinam a maior ou menor capacidade que o material tem para transmitir ou resistir esforços que lhe são aplicados. (Gonçalves e Martins, 2005)

Para Ashby (2011), o número de materiais disponíveis para os engenheiros é amplo, portanto, a escolha do material não pode ser feita independentemente da escolha do processo, união e acabamento.

Em se tratando de estruturas metálicas, o material que encontramos com mais frequência é o aço, como sua principal liga metálica, para Ferreira (2014), ainda é o mais versátil e importante material da engenharia e do mundo, é um material que resiste bem a qualquer tipo de esforços, permitindo a concepção de elementos estruturais esbeltos.

“O aço é uma liga ferro e carbono com teor de carbono de até 2% em peso. É de longe é um material amplamente empregado na fabricação de bens de consumo e bens de produção, nas indústrias, na fabricação de máquinas, veículos automotores, na construção civil etc. O aço é utilizado para fabricar quase tudo,

desde agulhas de costura até tanques de armazenamento de óleo. Além disso, as ferramentas, necessárias para construir e fabricar esses artigos, são também fabricadas em aço.” (Gerdau, 2013)

Além disso outro material encontrado nesse tipo de estrutura de forma geral, para Abdo (1983), são as estruturas de alumínio, em comparação com as estruturas de aço, apresentam reduções no peso de 40% a 70%. Desta forma, admitindo-se estruturas mais leves e com custos de manutenção mais baixos, as estruturas de alumínio podem, em certos casos, apresentar custos globais inferiores aos das estruturas de aço correspondentes.

Ainda, segundo o mesmo autor, devido ao baixo módulo de elasticidade, correspondendo a um terço do valor do aço, as estruturas em alumínio apresentam uma satisfatória resposta sob o efeito de tensões oriundas de impactos, deformações e ajustes.

“O alumínio é um metal com peso específico de 2.700kg/m^3 (a 20°C) e ponto de fusão correspondente a 660°C . Esse material também apresenta boa condutibilidade térmica e elétrica e boa resistência à corrosão em alguns ambientes comuns. Devido a essas características, aliadas à existência de grandes quantidades do seu minério principal, o alumínio tornou-se o metal mais importante, depois do ferro”. (Zolin, 2011)

2.5. Soldagens

Para Marques *et al.* (2009), a soldagem é o mais importante processo de união de metais utilizado industrialmente e é utilizada na fabricação de estruturas simples, como grades e portões, assim como em componentes encontrados em aplicações com elevado grau de responsabilidade, como nas indústrias, química, petrolífera e nuclear, também na criação de peças de artesanato, joias e de outros objetos de arte.

O método de união dos metais podem ser divididos em duas categorias principais, isto é, aqueles baseados na ação de forças macroscópicas entre as partes a serem unidas e aqueles baseados em forças microscópicas – interatômicas e intermoleculares. No primeiro caso, do qual são exemplos a parafusagem e a rebiteagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. No segundo, a união é conseguida pela aproximação dos átomos ou moléculas das peças a serem unidas, ou destes e de um material intermediário adicionado a junta como é no caso das estruturas soldadas. (Modenesi e Marques, 2009)

2.6. Tipos de juntas soldadas

Além dos tipos de soldagens utilizados nos processos, existem os tipos de juntas soldadas mais utilizados para união das peças.

A soldagem de tubos, por exemplo, é um processo comum na fabricação de estruturas metálicas, para execução podem ser utilizadas algumas técnicas utilizadas por Costin (1974), onde para tubos perpendiculares entre si, deve-se fazer um rasgo no tubo de entrada (Técnica Junta-T) e para tubos que interceptam outros dois, deve-se realizar rasgos nos dois tubos de entrada (Junta-V), conforme as imagens abaixo:

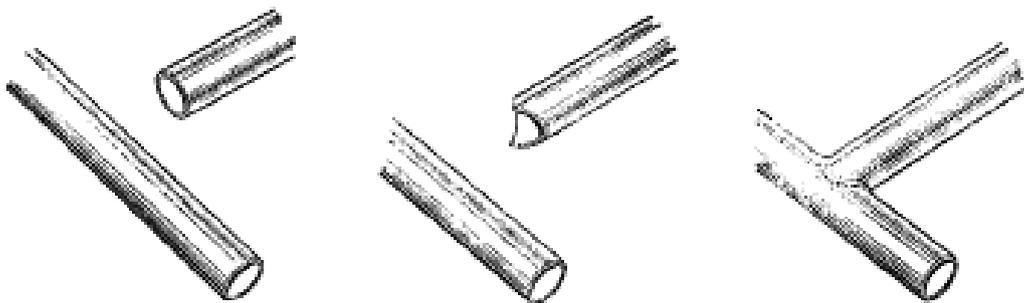


Fig. 1. Junta-T.

3. METODOLOGIA

Este trabalho tem por sua natureza a metodologia aplicada, sua pesquisa e artigo tem como principal fundamento a aplicação de ferramentas específicas de CAD para elaboração de projetos de estruturas soldadas que, por fim, serão exemplificados alguns métodos de aplicação. O Objetivo é exploratório e descritivo, devido a buscar dentro das ferramentas disponíveis nas plataformas em questões novas possibilidades e melhores prática de aplicação.

4. APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS

Segundo Norton (2013), existem várias etapas para a concepção de um projeto, a 1ª etapa é a identificação da necessidade, a 2ª etapa é a pesquisa suporte que serve para compreender completamente o problema e assim estabelecer os objetivos na 3ª etapa. A 4ª etapa pede a criação de um conjunto detalhado de especificações de tarefas, fechando o problema e limitando o alcance, a 5ª etapa é a síntese onde busca-se alternativas para o projeto sem considerar valores e custos. A 6ª etapa analisa as propostas da etapa anterior e na 7ª etapa selecionam-se as melhores alternativas. Na 8ª etapa, é finalizado detalhamento do projeto, croquis e pesquisas, na 9ª etapa é feito o protótipo para testes e por fim a produção na 10ª etapa.

De certa forma a utilização do exemplo acima gera, tomada como base para elaboração de um projeto de forma generalizada, pode ainda ser sendo utilizado em diversos contextos.

As etapas de planejamento, definição da necessidade, pesquisa do assunto, definição de objetivos, análise e seleção, aliado são etapas importantes a serem consideradas, porém geralmente deixadas fora da construção de um projeto.

Os projetos mecânicos, podem ser considerados desde a etapa de Síntese em diante. A elaboração do CAD em si, como modelagem tridimensional, desenvolvimento de componentes de soldagem, focado nos desenhos mecânicos não considera o desenvolvimento em forma cronológica, porém podem ser elaboradas de forma a otimizar modelos e podendo ser manipuláveis conforme a necessidade, pesquisa, objetivos e tarefas, sendo assim, então, definidas e consideradas as boas práticas de execução de projetos.

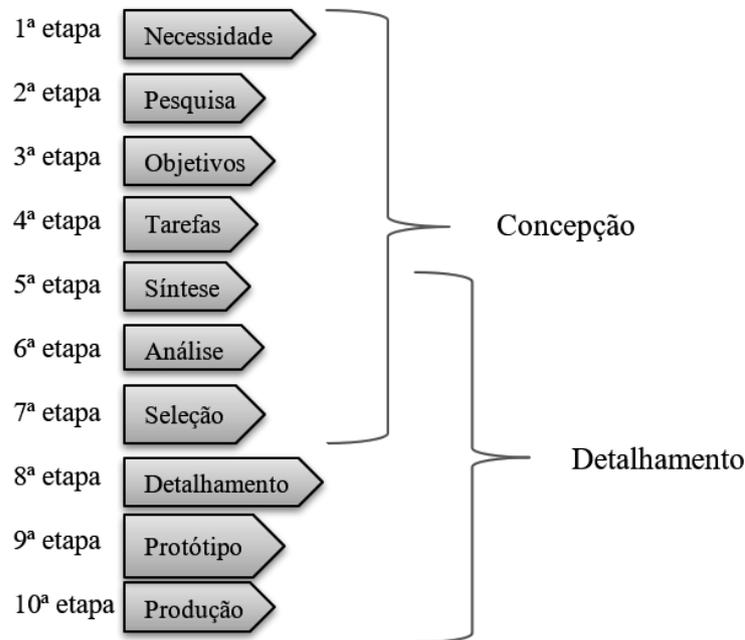


Fig. 2. Etapas para a concepção de um projeto (Norton).

Além disso, para que sejam elaborados de maneira ágil, permitindo fácil manutenção e reutilização, podem ser aplicadas outras técnicas que forem pertinentes para cada caso especificamente, onde no caso foi adaptado algumas recomendações listadas na Tabela 1:

Tabela 1. Principais recomendações para elaboração de componentes de soldagem.

1-	Planejar a Modelagem 3D do componente de soldagem.
2-	Referenciar os esboços nos planos principais.
3-	Usar restrições geométricas na geração dos esboços, 2D ou 3D.
4-	Seleção de perfis e ferramentas de aparagem.
5-	Utilizar ferramenta de definição e visualização de soldas.
6-	Utilizar pastas para organizar a modelagem.
7-	Criar configurações derivadas dos modelos e suas variações.
8-	Automatizar a geração dos componentes nas folhas de detalhamento.

1 – Planejar a Modelagem 3D do componente de soldagem

O planejamento da modelagem é fundamental para garantir a versatilidade do modelo, entendendo primeiro o que deverá ser desenvolvido. As três primeiras etapas, a identificação da necessidade; 2º a pesquisa suporte; 3º estabelecer os objetivos são importantes para a definição da modelagem, ao construir modelos padrão que terão as medidas facilmente manipuláveis, a etapa essencial não é o valor da dimensão, mas sim qual dimensão é pertinentemente alterável.

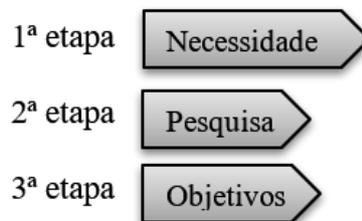


Fig. 3. Planejamento da modelagem.

2 – Referenciar os esboços nos planos principais

Todos os programas de modelagem possuem os três planos principais: XY, YZ, XZ. No entanto, ao longo da modelagem dos esboços, 2D ou 3D, as primeiras referências são criadas baseadas nestes planos e ainda permite a supressão ou deleção de detalhes da geometria sem interferir nas demais. Se a geometria do componente apresentar simetria, recomenda-se posicionar os seus planos ou eixos de simetria nos planos principais, caso contrário devem ser escolhidos planos representativos coincidentes com os planos principais. Uma alternativa para quando os planos principais não puderem ser utilizados para referenciar algum esboço, é criar planos paralelos, perpendiculares ou inclinados aos principais, conforme a imagem:

3 – Usar restrições geométricas na geração dos esboços 2D ou 3D

Recomenda-se o uso de restrições geométricas (também chamadas de relações) para evitar que a geometria se altere quando forem feitas modificações dimensionais. Assim sendo, as restrições geométricas como paralelismo, perpendicularismo, perpendicularidade, igualdade, entre outras, são geralmente utilizadas antes da cotação, visando garantir uma estabilidade geométrica do esboço. A cotação é considerada uma restrição dimensional e não é obrigatória em muitos sistemas CAD 3D. Nesses casos são assumidos os valores que o próprio programa atribui no momento que o usuário desenha as entidades geométricas.

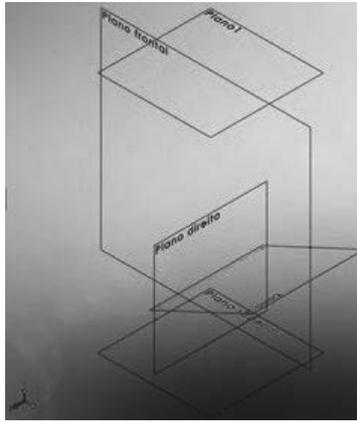


Fig. 4. Planos de referência. Fonte: Autor.

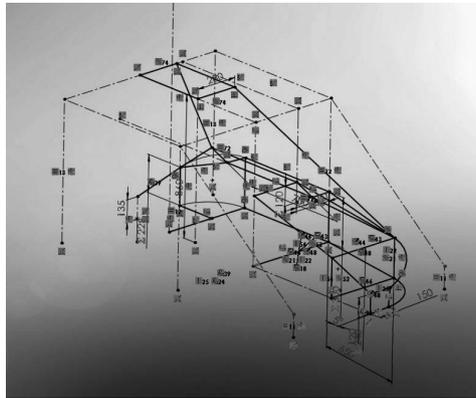


Fig. 5. Restrições geométricas. Fonte: Autor.

Segundo Anderl *et al.*, existem duas maneiras de aplicar as restrições geométricas ao *sketch*: diretamente pelo projetista ou detectadas automaticamente pelo programa CAD. Como a imposição de todas as restrições pelo projetista pode consumir muito tempo, a maioria dos programas atuais tem a opção de captar a intenção do usuário, impondo-as automaticamente.

Segue abaixo alguns exemplos de restrições geométricas comumente encontradas:

-  - Ponto de interseção.
-  - Paralelos.
-  - Iguais.
-  - Tangente.
-  - Horizontal.
-  - Vertical.
-  - Colinear.
-  - Tangente.
-  - Ao longo do eixo X.
-  - Ao longo do eixo Y.
-  - Ao longo do eixo Z.
-  - No plano YZ.
-  - No plano Z.

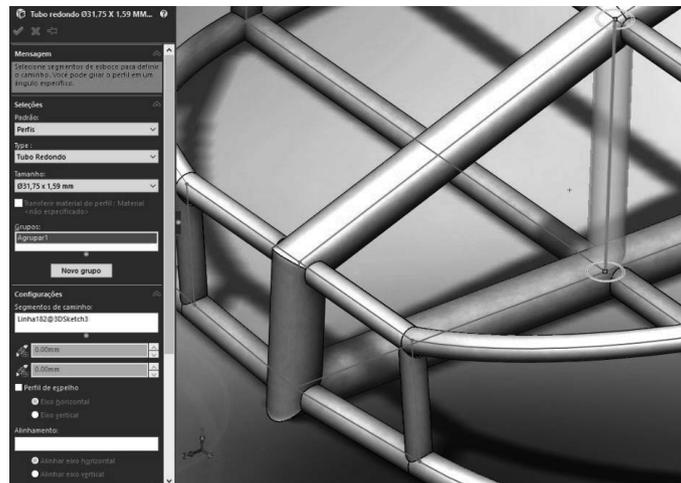


Fig. 6. Componentes Estruturais. Fonte: Autor.

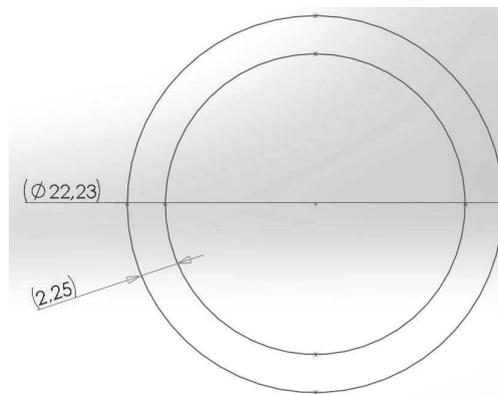


Fig. 7. Componentes Estruturais. Fonte: Autor.

4 – Seleção de perfis e ferramentas de aparagem

A ferramenta de componentes de soldagem cria peças multicorpos composta por componentes estruturais e tanto a opção de seleção de perfis, diretamente de uma biblioteca de normas ou a possibilidade de criação de perfis diversos, além de opções de alinhamento adequadas para o projeto e a soldagem dos componentes. As linhas de centro dos componentes estruturais são esboçadas e os perfis são selecionados e aplicados aos esboços, como por exemplo, tubos quadrados, redondo, perfis U, L, barras maciças etc.

Ainda, na criação dos perfis é recomendado construir nos esboços pontos que poderão posteriormente serem utilizados para posicionar o perfil da maneira mais adequada ao projeto, conforme Fig. 7.

Ferramentas de aparagem podem ser encontradas com o nome de tratamento de canto ou apenas *trim*, e tem três opções, conforme ilustrado abaixo:

São usadas para determinar o acabamento e encaixe dos componentes que se encontram em um mesmo recurso.

 - Aparar 45°.

 - Canto 1.

 - Canto 2.

Podem ser aplicados a todos ou aplicados individualmente clicando na caixa de diálogo, tratamento de canto (Fig. 5 e 6). Criando rapidamente peças nas dimensões inseridas, possuindo caixa de diálogo de propriedades de massa onde encontra informações pertinentes no desenvolvimento de projetos, como densidade, massa, volume, área, momentos de inércia, etc. e auxiliando futuros cálculos estruturais, como FEM.



Fig. 8. Tratamento de canto. Fonte: Autor.

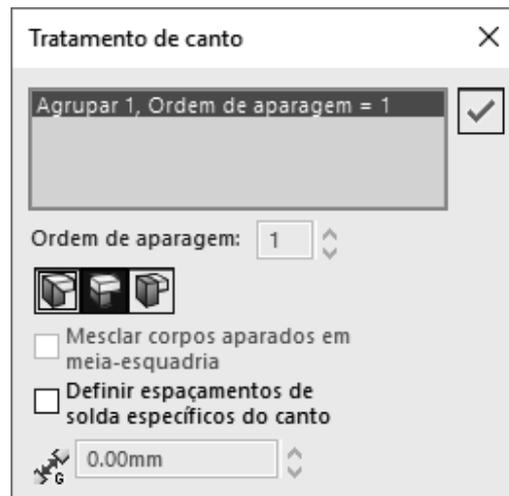


Fig. 9. Caixa de diálogo. Fonte: Autor.

5 – Utilizar ferramenta de definição e visualização de soldas

As ferramentas de definição e visualização de soldagens também são importantes para o desenvolvimento de um projeto mecânico, pode-se verificar a resistência das soldas aplicadas analisando a quantidade de cordão de solda utilizado, e verificar de antemão eventuais empecilhos que possam surgir durante a aplicação da solda em si.

Além disso, notações de Solda são importantes nas etapas de desenvolvimento do produto, sua representação, pois em determinado momento deve-se documentar e comprovar a resistência da estrutura em si e a fabricação, se todos os componentes estão desenhados de forma a tornar prático, leve e com a sua estrutura resistente aos esforços solicitados.

Exemplificar (notação):

- Soldas de Topo.
- Soldas de Filete.

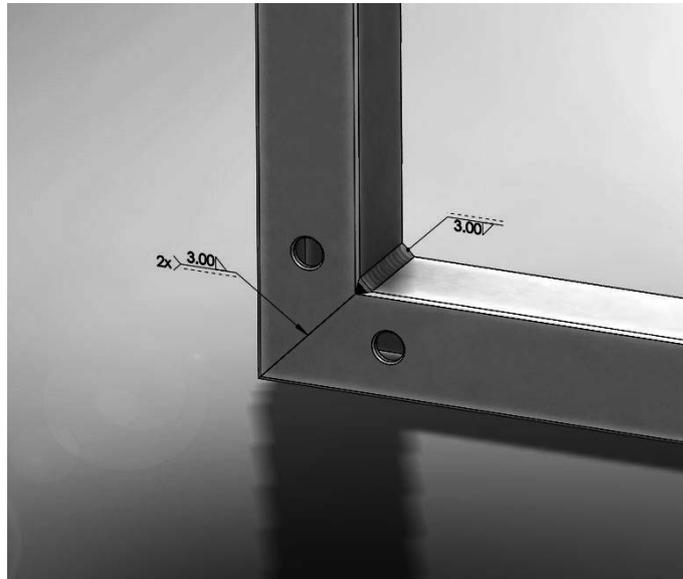


Fig. 10. Notações e representações de solda. Fonte: Autor.

6 – Utilizar pastas para organizar a modelagem

As pastas são níveis que podem ser utilizados durante a construção de um modelo para separar e agrupar entidades específicas. O uso destes níveis permite uma maior organização e é muito útil, por exemplo, para encontrar recursos ou partes específicas da peça.

Um projeto deve ser feito de forma mais modulada possível, construído por partes, ou etapas. No entanto, dependendo da forma de criação do seu produto, ele pode ser criado separado de antemão ou deve ser criado em um único ambiente, principalmente em casos do uso dos componentes de soldagens do *SolidWorks* (*Software de modelamento 3D, Dassault Systems*). Para isso a criação das pastas são essenciais para melhor compreender uma árvore de projeto do software.

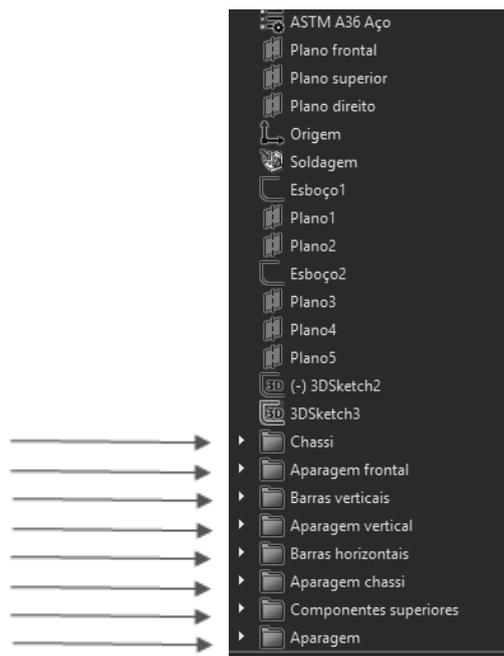


Fig. 11. Pastas. Fonte: Autor

Ainda, se as peças forem utilizadas em análises estruturais é recomendável, por exemplo, colocar todos os arredondamentos e chanfros em um mesmo nível, pois neste caso, se eventualmente a geometria precise ser simplificada, basta suprimir o nível e gerar um arquivo mais apropriado ao ambiente de simulação *CAE*.

Para melhorar a visualização do modelo é recomendado suprimir o nível, do próprio software, que contenha todos os planos e eixos de referência.

7 – Criar configurações derivadas dos modelos e suas variações

Quando desejamos criar mais de uma configuração em uma mesma peça, seja um espelhamento a mais ou um componente, utilizamos na aba propriedades, configurações, configurações derivadas. Sendo assim possível criar variações com um toque. Conforme imagem exemplificada abaixo:



Fig. 12. Configuração derivada 1. Fonte: Autor

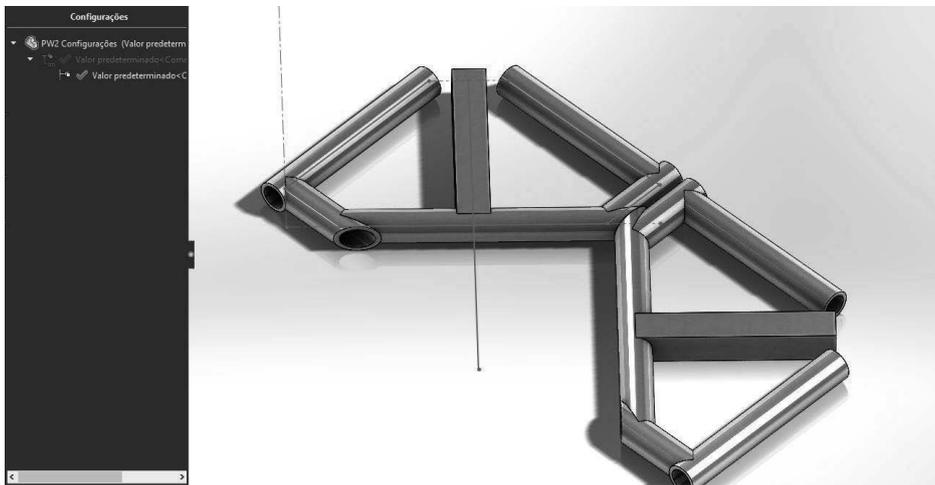


Fig. 13. Configuração derivada 2. Fonte: Autor.

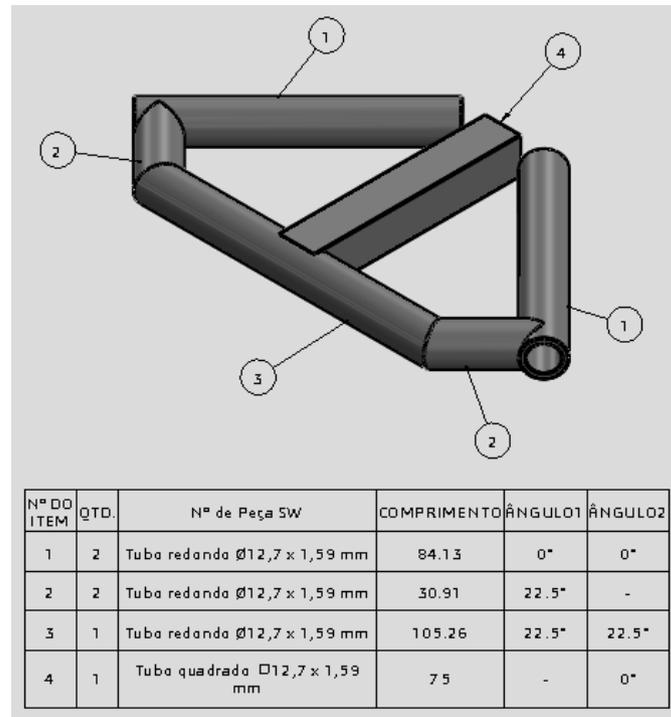


Fig. 14. Lista de corte. Fonte: Autor.

8 – Automatizar a geração dos componentes nas folhas de detalhamento

Outro ponto importante que podemos usar a nosso favor em questão de qualidade e principalmente tempo de execução, é a possibilidade de automatização dos modelos 3D para tabelas e desenhos. Modelos parametrizados, possuem a características de armazenar grande quantidade de informações em um único modelo, sendo assim possível buscar de forma prática dados como: Número parte, quantidade, nome, comprimento, ângulos de corte, materiais, peso, etc.

Conforme imagem exemplificada abaixo: o modelo foi criado em ambiente 3D virtual e a partir do mesmo é possível portar automaticamente desenhos 2D para o *layout* de detalhamento e outras características físicas do material para fabricação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação das ferramentas: componentes de soldagens do CAD, podemos ver claramente seus benefícios para o desenvolvimento de projetos de estruturas soldadas, além de armazenarem informações sobre os componentes estruturais; comprimentos, propriedades mecânicas dos materiais, encaixes, posições de soldagens e outros detalhes ainda contribuem para qualidade, tempo e lucratividade.

Entre alguns pontos possíveis de destacar são:

- Facilidade de criação de *sketchs*, através do uso de referências, restrições e *layers*.
- Possibilidade de trabalhar cada peça como corpos individuais, inclusive para detalhamento.
- Facilidade de uso de outros recursos como: simetria, cópia, corte, espelhamento e padrões.
- Criação de lista de corte de peças, detalhamentos 2D e informações adicionais predefinidas.

E conforme as orientações descritas neste trabalho verifica-se que, utilizando o método e sequência de elaboração de projetos, facilita a sistematização na criação de projetos de componentes de estruturas soldadas, esses métodos facilitam a etapa de desenvolvimento do produto através da organização dos métodos e

concluindo cada etapa de forma mais rápida e sistematizada. Com a criação de modelos estratégicos e gastando pouco tempo de modelagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos sistemas CAD para elaboração de projetos de componentes soldados vem se consagrando dentro das empresas e cada vez mais sendo valorizada pelo mercado atual. Mesmo que sendo ainda necessário estabelecer algumas metodologias adequadas para o desenvolvimento de projetos mecânicos, como as boas práticas para elaboração de projetos, como o objetivo deste trabalho de trazer de forma metodologia, um conceito exemplificado de criação de projetos mecânicos, de forma sistematizada e sequencial, consequentemente peças e desenhos com as informações corretas e no tempo ideal.

REFERÊNCIAS

- [1] Abdo, N.A., *Estruturas de alumínio*, São Paulo, Pini (1983)
- [2] Álvares, J.A., Ferreira, J.C.E., *Uma metodologia para integração CAD/CAP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais via web*. Doutorado. UNB (2003)
- [3] Amaral, R.D.C., Filho, A.C.P., *A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia*, UFRJ, Escola Politécnica, Rio de Janeiro (2010)
- [4] Anderl, R., Mendgen, R., “Parametric Design and its Impact on Solid Modeling Applications”, *Proceedings of the third ACM symposium on Solid modeling and application* (1995)
- [5] Ashby, M.F., *Seleção de Materiais no Projeto Mecânico*. 4 ed. Elsevier Editora Ltda. (2011)
- [6] Associação Brasileira De Normas Técnicas; <http://www.abnt.org.br/> Acessado em 28 de Junho de 2019
- [7] Collins, J.A., *Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma perspectiva de Prevenção de Falha*. Rio de Janeiro, LTC (2006)
- [8] Costin, M., Philips, D., *Racing and Sports Car Chassis Design*. 3 ed. London, England: B. T. Batford (1974)
- [9] Chamberlain, Z.M., Ficanha, R.A., Fabeane, R., *Projeto e Cálculo de Estruturas de Aço*. Rio de Janeiro (2013)
- [10] Do Carmo, A.C., *Análise estrutural através de simulação computacional de caçambas de caminhão basculante na mineração utilizando o aço microligado ao nióbio*. Trabalho de conclusão de curso. Centro federal de educação tecnológica de Minas Gerais (2017)
- [11] Ferreira, M.S.M., *O sistema construtivo com estrutura leve em aço*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra (2014)
- [12] French, T.E., Vierck, C.J., *Desenho técnico e tecnologia gráfica*. Porto Alegre: Editora Globo S.A., 20ª ed., (1985)
- [13] Gerdau S.A. *Catálogo Barras e Perfis. Linha de aços SAE* (2013)
- [14] Gonçalves, F.J.F., Martins, F., *Tecnologia dos Materiais I*. Santa Catarina: Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Unidade de Araranguá, Curso Técnico em Eletroeletrônica (2005)
- [15] Marques, P.V., Modenesi, P.J., Bracarense, A.Q., *Soldagem: fundamentos e tecnologia*, 3ª edição atualizada – Belo Horizonte: Editora UFMG (2009)
- [16] Miyamoto, R.T., Filho, D.A.M., Sartori, A.R., “Modelagem Tridimensional com Geometria Construtiva de Sólidos (CSG) para projetos de Engenharia e Arquitetura em Sistemas CAD visando a Portabilidade e Estabilidade de Objetivos 3D”, In: XVII Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura - Congreso Sigradi (2008)
- [17] Norton, L.R., *Projeto de Maquinas uma abordagem integrada*. 4. ed. Porto Alegre, Bookman (2013)
- [18] Shigley J.E., M. *et al.*, *Projeto de Engenharia Mecânica*, 7 ed. Porto Alegre (2005)
- [19] Speck, H.J., *Proposta de método para facilitar a mudança das técnicas de projetos: da prancheta à modelagem sólida (CAD) para empresas de engenharia de pequeno e médio porte*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (2005)
- [20] Silveira, Z.C., *Análise Estatística e Otimização de Parâmetros de Projeto em Componentes de Sistemas Mecânicos*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (2003)

- [21] Solinho, J.L.G., “Novas perspectivas para aplicações de CAD”, *Revista CADesign*, **8**(8), 66 (2002)
- [22] Teixeira, R.B., Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas. Dissertação Mestrado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (2007)
- [23] Ulbricht, S.M., Análise dos conceitos fundamentais do desenho técnico face a implementação parcial de um modelo teórico de ensino inteligente auxiliado por computador. Florianópolis, UFSC.1992. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (1992)
- [24] Voisinet, D.D., *CADD – Projeto e desenho auxiliado por computador*. São Paulo: McGraw-Hill (1988)
- [25] Zolin, I., *Materiais de construção: mecânica*. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria (2010)

CAD TOOLS USE FOR WELDED COMPONENTS PROJECTS

Abstract – The objective of this dissertation is to demonstrate that with the use of CAD tools for creation of welded structures in a general way, can give a support and facilities this step of mechanical project development. The used methods where besides research bibliography, mainly the use of descriptive applied nature, demonstrating step by step the use of the tools to carry out the project stages. Through the analysis of the obtained results, it was verified benefits for the development of welded structures components, with, in addition to storing information about structural components; such as measurements, mechanical properties of materials, positioning, detail automation and other details that contribute to quality, time and profitability. It was also concluded that with the suggested steps, it is possible to create models that can be configured and used to establish adequate project development methodologies, such as good practices for the execution of mechanical projects.

Keywords – CAD, Welding Tools, Mechanical Design Welded Components.