



CENTRO PAULA SOUZA

GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

JOELEN OSMARI DA SILVA

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SOROCABA

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE VASSOURA POLIMÉRICA – CABO E
SNAP-FIT**

Relatório final apresentado à Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, como requisito para conclusão do projeto de iniciação científica.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Sgarbi Rossino

Coorientador: Prof. Carlos Eduardo Corrêa.

SOROCABA

2016

RESUMO

Este trabalho é parte de um conjunto de projetos que visam ao desenvolvimento e fabricação de um protótipo de uma vassoura totalmente polimérica, e este, restringe-se ao desenvolvimento do cabo e do snap-fit para encaixe do mesmo na base. Utilizando-se do software SOLIDWORKS 2013 foi desenvolvido um perfil 3D do cabo e do snap-fit, assim como análise de elementos finitos para verificar a resistência do mesmo – melhor modelo, geometria e material para fabricação, com o intuito de posteriormente fabricar uma vassoura totalmente polimérica, corrigindo alguns dos principais inconvenientes das versões existentes no mercado e, se possível, com menor custo de fabricação e conseqüentemente menor custo de mercado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos de cabos de vassouras.....	06
Figura 2 – Desenhos e dimensões característicos da pá.....	07
Figura 3 – Modelo de extrusora com seus principais componentes.....	09
Figura 4 – Rosca de extrusão e as três principais zonas.....	10
Figura 5 – Extrusora de perfis e seus principais componentes.....	11
Figura 6 – Demonstração do espaço anular de um perfil.....	12
Figura 7 – Exemplo de extrusora para perfis.....	13
Figura 8 – Princípio de funcionamento do snap-fit.....	13
Figura 9 – Modelos de snap-fit.....	14
Figura 10 – Ângulo de entrada do snap-fit.....	14
Figura 11 – Raio do filete do snap-fit.....	15
Figura 12 – Modelos de cabos de vassoura em madeira.....	17
Figura 13 – Modelos de cabos de vassoura em alumínio.....	18
Figura 14 – Modelo de como ficaria um cabo de vassoura em polímero.....	19
Figura 15 – Modelo do snap-fit no cabo e na base separadamente.....	22
Figura 16 – Modelo do snap-fit no cabo e na base montado.....	22
Figura 17 – Modelo do snap-fit na base da vassoura.....	23
Figura 18 – Vista explodida da vassoura.....	23
Figura 19 – Snap-fit em corte.....	24
Figura 20 – Snap-fit com furo para encaixe	24
Figura 21 – Análise de tensão.....	25
Figura 22 – Análise de deslocamento.....	25
Figura 23 – Fator de segurança: 1,5.	26
Figura 24 – Detalhamento 2D do cabo.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	05
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 Cabo da vassoura – Características gerais.....	06
2.2 Ergonomia para cabos de vassoura: tamanho e diâmetro ideais.....	06
2.3 Processo de extrusão.....	08
2.4 Extrusora.....	08
2.5 Extrusão de Perfis.....	11
2.6 Snap-fit.....	13
2.7 Materiais utilizados e suas principais características	
2.7.1 Madeira.....	16
2.7.2 Alumínio.....	17
2.7.3 Polímeros.....	18
3. OBJETIVO.....	20
4.METODOLOGIA	
4.1. Perfil do cabo da vassoura.....	21
4.2. Modelo do snap-fit.....	21
4.3. Análise de elementos finitos.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	
5.1. Modelo do snap-fit no cabo e na base da vassoura.....	22
5.2. Análise de elementos finitos.....	24
5.3. Detalhamento 2D do cabo.....	26
6. CONCLUSÃO.....	27
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	28
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da vida humana o homem faz uso dos materiais disponíveis na natureza para realizar suas atividades e garantir sua sobrevivência. Com isso, ao longo dos anos cada vez mais materiais foram descobertos e desenvolvidos, buscando sempre facilitar a execução das tarefas cotidianas, sejam elas industriais ou domiciliares [1].

Dentre as matérias-primas mais exploradas atualmente encontram-se os metais, as cerâmicas e os polímeros, considerando que este último vem ganhando uma maior utilização na fabricação e concepção de novos produtos desde o século XX, permitindo até substituir outros materiais dependendo da aplicação [2].

Em meio aos diversos produtos altamente comercializados hoje, que possuem algum componente plástico em sua constituição e ainda podem sofrer melhorias encontram-se as vassouras, que apesar de geralmente apresentar a base fabricada com um polímero, possuem o cabo de madeira ou metal.

No caso do cabo de madeira, segundo dados obtidos no trabalho Madeira Envelhecida disponível no site da UFPR, o mau uso ou a intensa exposição a fatores ambientais, como chuva e sol, podem fazê-lo empenar e/ou quebrar. Já os cabos metálicos, podem oxidar ao longo do tempo e quebrar durante o uso, favorecendo a ocorrência de acidentes domésticos, além de encarecerem o produto final [2].

Tomando por base as idéias já apresentadas em relação aos materiais que, na maioria das vezes, compõem as vassouras e a imensa gama de propriedades e possibilidades de aplicações que pode ser conferida aos materiais poliméricos, o trabalho a ser desenvolvido tem como principal meta a inovação e a melhoria do produto citado, propondo o desenvolvimento de uma vassoura produzida inteiramente em plástico.

Diante disso, este trabalho consiste em desenvolver um perfil para cabo da vassoura juntamente com o snap-fit, assim como processo e o polímero ideais para sua fabricação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cabo da vassoura – Características gerais

Existem atualmente diversos modelos de cabos disponíveis no mercado que podem variar em cor, material, espessura e comprimento, mas todos possuem a função de sustentar a base com boa fixação para possibilitar a realização da limpeza, função básica da vassoura.

O cabo deve possuir boa resistência mecânica, para não deformar-se ou quebrar-se durante a utilização. Além disso, o encaixe do cabo na base deve ser firme e resistente, pois não deve soltar-se ou quebrar-se durante a utilização do produto. O cabo de vassoura tradicional está ilustrado na figura 01.

Figura 1: Modelos de cabos de vassouras

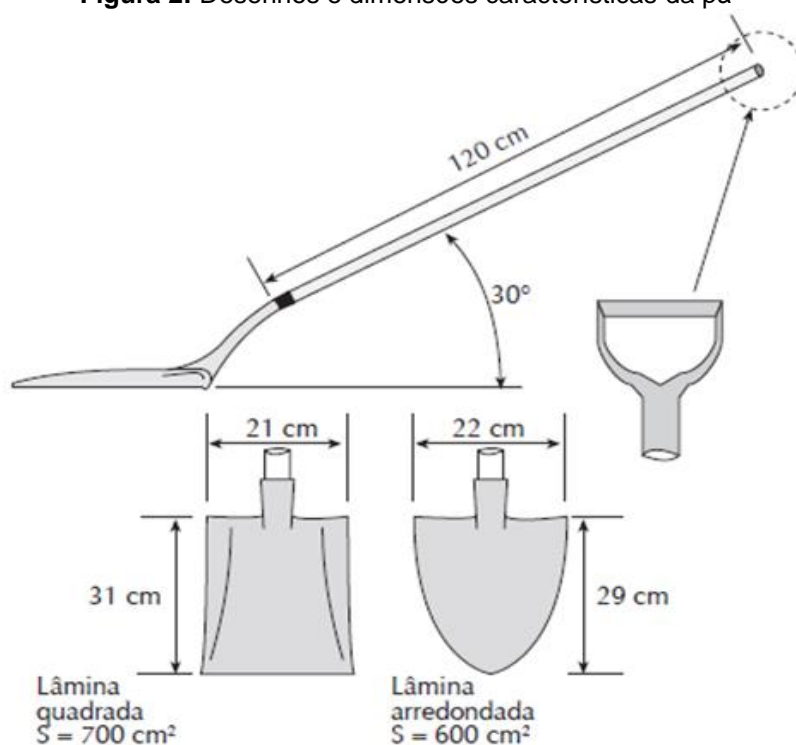


Fonte: Google imagens.

2.2. Ergonomia para cabos de vassoura: tamanho e diâmetro ideais

Em seu livro “Ergonomia – Projeto e Produção”, o Dr. Itiro apresenta as dimensões ideais para pás, sugeridas por Freivalds em 1986, conforme ilustrado na figura 02, pois mesmo a pesquisa não se tratando de cabos de vassoura, o tamanho de 1,20m confere com o que temos hoje no mercado brasileiro. Contudo, ergonomicamente, esse tamanho não é ideal para todas as pessoas devido às variações de altura entre cada uma. Desta forma a regra prática para determinar o tamanho do cabo da vassoura, é que o cabo deve ter a mesma altura do ombro de quem vai usá-la [3].

Figura 2: Desenhos e dimensões características da pá



Fonte: <http://ergotriade.com.br/varrendo-com-mais-ergonomia-qual-o-tamanho-ideal-do-cabo-de-uma-vassoura/>, acesso em: 01/08/2016 às 12:30 h.

Uma vez que a altura média do brasileiro segundo Siqueira, 1976 é de 167 cm e levando em consideração a proporção de 0,818 para a altura dos ombros, proposta por Contini e Drillis em 1996, chegamos à conclusão que a altura média dos ombros dos brasileiros é de 136 cm [3].

Logo, a regra prática do ombro parece fazer sentido, pois um cabo de 1,20 m instalado numa vassoura de 0,15 m (vassouras comuns) fica com uma altura total de 1,35 m, ou seja, muito próximo de 1,36m que é a altura média dos ombros do brasileiro. Entretanto, os fabricantes de produtos de limpeza para fins profissionais produzem cabos maiores que vão de 1,38m a 1,50m. Que atenderiam bem pessoas de até 1,83 m [3].

Também existem cabos extensíveis que podem ser regulados com bastante facilidade, bastando girar, deslizar e ajustar a altura. Esse tipo de cabo não é encontrado em mercados ou lojas de produtos de limpeza, justamente por serem itens das linhas profissionais dos fabricantes [3].

Com o cabo mais curto, sendo utilizado por um indivíduo de 1,75 m de altura, nota-se que devido à pega baixa, na altura da cintura, ocorre a flexão do tronco, variando de 18° a 31° em função da área que se deseja alcançar [3].

Com o cabo maior a pega é feita acima da linha do cotovelo, mais próximo do ombro, sendo possível manter o tronco ereto, mesmo quando se deseja alcançar áreas mais afastadas [3].

Uma curiosidade é que o cabo maior, que atenderia pessoas de mais de 1,80 m não gerou nenhum incomodo na pessoa de 1,60 m que o utilizou, pelo contrário, a percepção do usuário foi boa. Outro ponto que precisa ser considerado na busca por um cabo ergonômico é o diâmetro, que deve ser de 3 cm para conferir uma boa área de preensão [3].

2.3. Processo de extrusão

A extrusão é, atualmente, o maior segmento de transformação de termoplásticos, cujo desenvolvimento ocorreu com o intuito de garantir alta produtividade, o que proporciona ótima relação custo/benefício. O processo de extrusão pode ser: calandragem, extrusão de chapas, termoformagem, colaminação, coextrusão, extrusão de perfis, extrusão de fibras e rafia e extrusão de filmes [4-5].

A palavra extrudar significa “empurrar” ou “forçar a sair”, ou seja, o processo de extrusão consiste, basicamente, em forçar a passagem contínua, constante e com pressão uniforme de um termoplástico através da extrusora. O material é forçado a passar por todo o conjunto, até o final onde se encontra a matriz, que determina o formato final do produto [4-5].

De forma geral, as extrusoras possuem a função de fundir e homogeneizar o termoplástico, transportando-o até a matriz com uma taxa constante de fluxo e pressão [4].

A partir da extrusão, pode-se obter produtos plásticos com diversas formas, tais como: tubos, chapas finas, filamentos e cabos, placas, fibras e filmes [4].

2.4. Extrusora

A extrusora é a máquina utilizada no processo de extrusão, sendo constituída principalmente pelos seguintes componentes: mancal, cilindro ou canhão de aquecimento, motor e caixa de engrenagens, silo de alimentação ou funil, sistemas de aquecimento, quebra fluxo, rosca, cabeçote e matriz, cuja ilustração encontra-se na figura 3 [4-6].

As extrusoras podem ser de dois tipos: contínuas, que desenvolvem um fluxo constante e contínuo do material e descontínuas, que operam em ciclos. Ambas podem extrudar materiais no estado sólido ou fundido [5].

Figura 3: Modelo de extrusora com seus principais componentes



Fonte: Google imagens

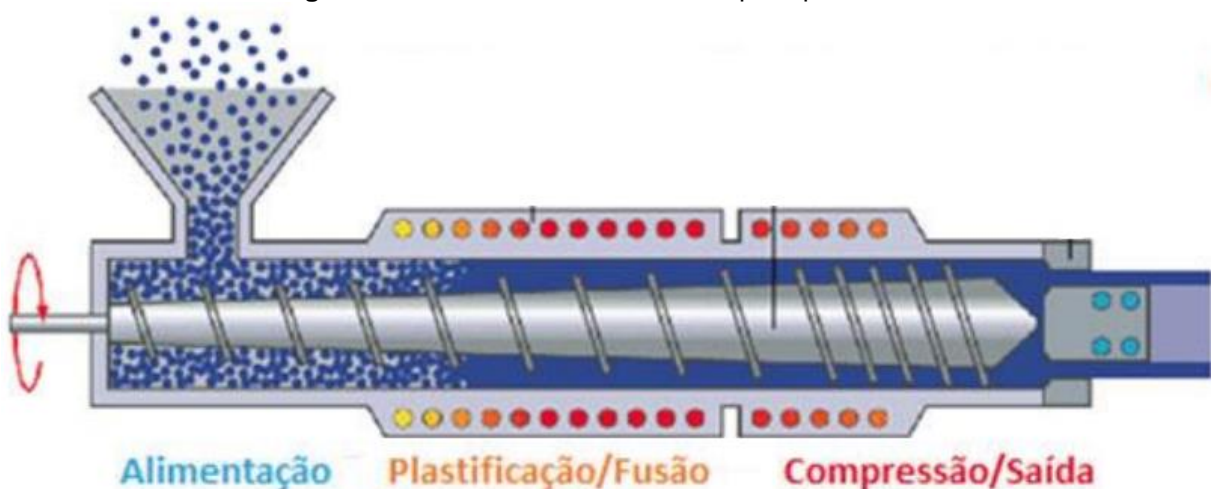
O silo de alimentação é um componente de grande importância para manter a uniformidade do fluxo de grânulos do polímero para dentro da extrusora [4-6].

O cilindro é onde ocorre o cisalhamento do material pela rosca e o aquecimento do termoplástico. É fabricado em aço especial para suportar elevadas temperaturas de aquecimento e o movimento rotacional da rosca em seu interior. O cilindro é dividido em zonas de aquecimento, divididas na forma de três a doze seções, cujo aquecimento é feito eletricamente através de cintas térmicas. Essa temperatura é regulada para garantir a completa fusão do material com temperatura constante, pois cada termoplástico possui uma temperatura apropriada [4-6].

A rosca, cuja ilustração encontra-se na figura 4, é a peça mais importante da extrusora, sendo fabricada em aços especiais e muitas vezes com tratamentos superficiais, para resistir à pressão, temperatura e fricção constante do material em processamento. É responsável por parte do calor gerado durante o processo, pelo transporte e homogeneização de material. É regida pela relação L/D, comprimento da rosca/diâmetro, a qual determina o tamanho do equipamento, sendo que quanto maior a relação L/D, maior será a homogeneização e produtividade. Seu tamanho pode variar de 25 a 200 mm de comprimento e de 20 a 40 D (20 a 40 vezes o diâmetro da rosca). A rosca pode possuir geometrias variadas e seu trabalho mecânico é convertido em energia térmica, que resultará na plastificação do material [4-5-6].

A rosca é dividida em três zonas, conforme figura 4: alimentação, fusão ou plastificação e compressão ou saída, sendo que cada uma possui funções diferentes. Na zona de alimentação, ocorre o transporte do polímero para a zona de compressão, assim como o início do amolecimento do mesmo. Na zona de plastificação/fusão, ocorre o cisalhamento mecânico e homogeneização, devido ao trabalho de rotação da rosca e altas temperaturas. Na zona de compressão/saída, como o próprio nome diz, ocorre a compressão e a completa fusão do polímero utilizando altas temperaturas e pressão, além disso, esta zona possui a função de tornar o fluxo do polímero fundido regular e uniforme, para que seja uniformemente distribuído ao redor do cabeçote, antes da matriz [4-6].

Figura 4: Rosca de extrusão e as três principais zonas



Fonte: Google imagens

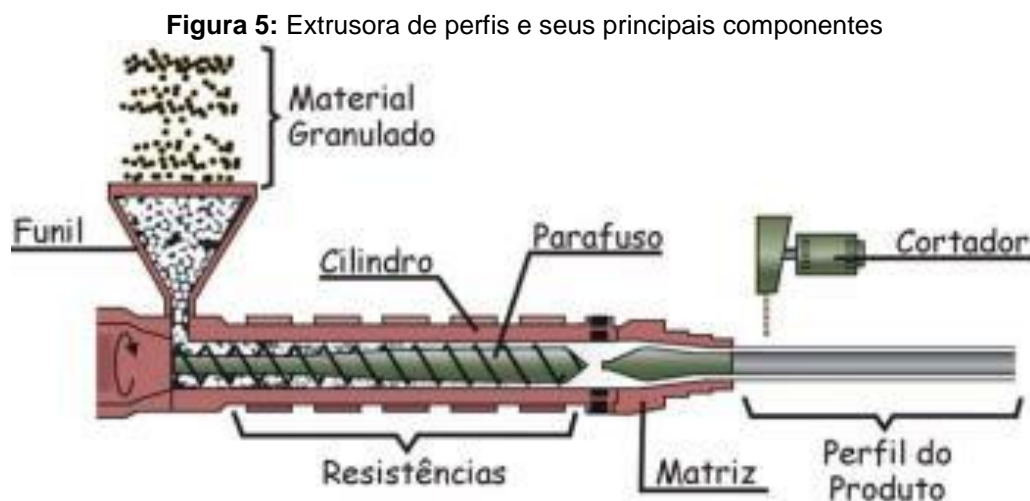
O cabeçote, tem a função de conduzir a massa polimérica à matriz, aquecendo-a através de uma cinta térmica, para manter a temperatura constante [4-6].

A matriz é uma peça acoplada à extrusora, responsável pelo formato do produto final. Recebe o fluxo distribuindo-o de forma laminar e com certo afinamento, resultando na peça final [4-6].

2.5. Extrusão de perfis

A extrusão de perfis pode ser definida como a fabricação direta do produto pela matriz, possuindo seção e forma transversal determinada pela matriz e comprimentos contínuos [7]. A extrusão de perfis consiste em forçar a passagem do material através de uma matriz com o perfil desejado, cujas principais categorias são tubos e perfis maciços, em seguida, o perfil é resfriado e cortado [5].

O sistema de extrusão de perfis, possui alguns módulos diferentes das extrusoras tradicionais, sendo: calibrador, sistema de resfriamento, puxador e cortador, conforme demonstrado na figura 5 [5].



Fonte: Google imagens

Perfil pode ser definido como um produto específico, obtido por meio de extrusão e com espessura da parede maior que 1000 micrômetros, pois abaixo desta medida, é considerado um filme. O perfil pode ser assimétrico ou simétrico e

alguns exemplos são: tubos, chapas, gaxetas, rodapés, tarugos, cintas, canudos, entre diversos outros. Tubos, canudos e outras formas simétricas são obtidas através de matrizes tubulares, como é o caso do cabo da vassoura [8].

Um dos processos mais complexos na extrusão é a criação de espaço anular na peça, conforme indicado na figura 6, como por exemplo em canos e no cabo da vassoura em questão, pois causa distorções nas linhas de fluxo, gerando componentes de tensão. Para proporcionar tais perfis, são utilizados mandris cônicos [7].

Figura 6: demonstração do espaço anular de um perfil



Fonte: Google imagens

Devido ao efeito de *Die swell* (inchamento) do material, a matriz não determina as dimensões exatas do perfil, proporcionando apenas dimensões aproximadas. Quando há a necessidade de dimensões exatas, utiliza-se um mandril de controle ou faz-se um estiramento do extrudado da matriz e ajudar na orientação das moléculas do polímero, para contrapor o inchamento e aumentar a resistência linear do extrudado [7].

Na extrusão de perfis, também é muito comum a utilização de processos adicionais [7], como por exemplo para confeccionar o engate e o encaixe do cabo na base da vassoura. Um exemplo de extrusora para perfis está ilustrado na figura 7.

Figura 7: Exemplo de extrusora para perfis

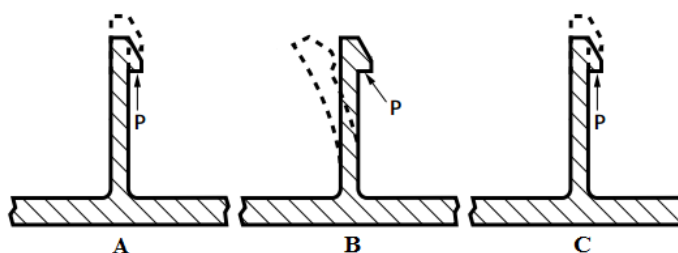


Fonte: Google imagens

2.6. Snap-fit

Os snap-fits são a forma mais rápida, simples e rentável de encaixe entre dois componentes, podendo ser montado e desmontado diversas vezes sem resultar na ruptura da peça, além de facilitar sua a reciclagem [9]. O princípio de funcionamento de um snap-fit, é deslocar-se ao sofrer uma tensão até encaixar-se em seu par, conseqüentemente retornando à sua posição inicial, conforme ilustrado na figura 8.

Figura 8: Princípio de funcionamento do snap-fit

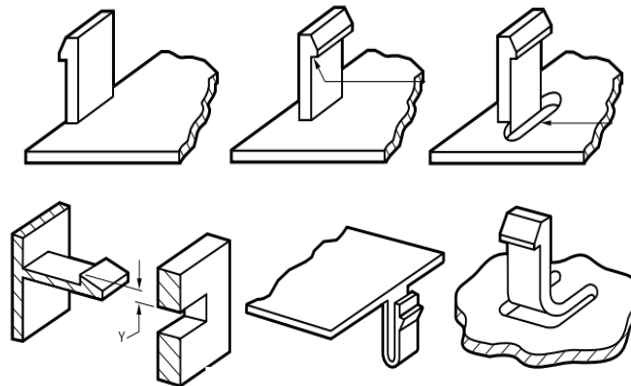


Fonte: BASF Plastics Corporation 1609. Snap-Fit Design Manual. Biddle Avenue Wyandotte, Michigan, 2006.

Em geral, os snap-fits são projetados em termoplásticos, devido à elevada flexibilidade e boa resistência desta classe, que permitem uma boa durabilidade do produto e baixo custo [9].

Há diversos tipos de snap-fit, conforme figura 9, sendo que cada forma é indicada à certas aplicações, cuja seleção do material correto é imprescindível [9].

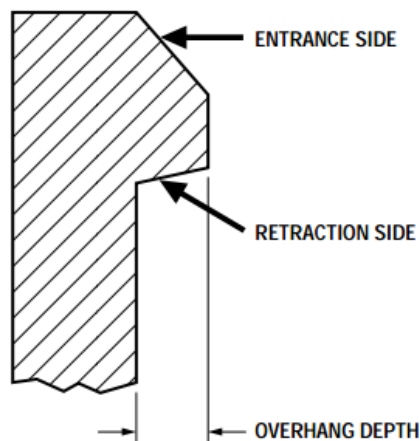
Figura 9: Modelos de snap-fit



Fonte: BASF Plastics Corporation 1609. Snap-Fit Design Manual. Biddle Avenue Wyandotte, Michigan, 2006.

Ao projetar um snap-fit, deve-se atentar à profundidade da saliência, pois é ela que determinará a taxa de deflexão durante uma montagem, pois esta, possui tipicamente uma rampa suave na entrada lateral e um ângulo mais agudo do lado da retração. O pequeno ângulo no lado de entrada, conforme figura 10, ajuda a reduzir o esforço de montagem. O processo de montagem e desmontagem pode ser otimizado modificando-se o ângulo acima [9].

Figura 10: Ângulo de entrada do snap-fit



Fonte: BASF Plastics Corporation 1609. Snap-Fit Design Manual. Biddle Avenue Wyandotte, Michigan, 2006.

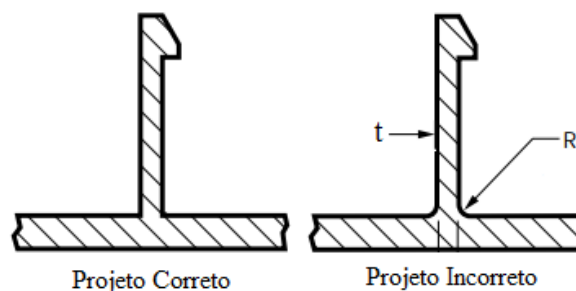
O snap-fit também pode ser otimizado através da geometria da secção do feixe para assegurar a deflexão desejada sem exceder a força ou tensão limite do material [9].

Ao iniciar o projeto de um snap fit, deve-se analisar três características importantes: concentração de tensão, fluência/relaxamento e fadiga [9].

A causa mais comum de falha no snap-fit é a concentração de tensão devido a uma curva fechada entre o encaixe e a parede na qual ele está ligado, pois neste local, é onde normalmente há o ponto de máximo de tensão [9].

Uma curva fechada pode aumentar o estresse, que é a causa mais crítica de ruptura para os plásticos rígidos. Uma solução viável é incorporar um raio no filete da junção entre o feixe e a parede conforme figura 11, de modo que o quociente entre o raio de espessura de parede (R/t) seja de pelo menos 50%. Indo além de 50% resulta em um aumento marginal na força e pode causar outros problemas como vazios internos [9].

Figura 11: Raio do filete do snap-fit



Fonte: BASF Plastics Corporation 1609. Snap-Fit Design Manual. Biddle Avenue Wyandotte, Michigan, 2006.

A fluência/relaxamento irá ocorrer gradualmente ao longo do tempo, devido a relaxação de tensão [9].

Fadiga ou carga repetitiva, ocorre principalmente quando centenas ou milhares de ciclos são feitos ao longo da vida útil da peça. Embora a tensão possa estar bem abaixo da força limite que pode ser aplicada no material, a aplicação repetida de estresse pode resultar em falha por fadiga em algum momento no futuro [9].

A principal maneira de evitar a fadiga é escolher um material conhecido com bom desempenho em fadiga. Isto pode ser feito comparando as curvas de tensão deformação dos materiais, que mostram o número esperado de ciclos até a falha em vários níveis de estresse e em diferentes temperaturas de exposição [9].

2.7. Materiais utilizados na fabricação do cabo e suas principais características

2.7.1. Madeira

A madeira é um material cerâmico com boa resistência mecânica e alta durabilidade, possuindo como principais fragilidades a susceptibilidade à degradação biológica (cupins) e ao empenamento quando exposta à umidade excessiva [10].

Uma curiosidade a respeito da madeira é que o peso está diretamente ligado à cor, sendo que madeiras mais escuras são mais pesadas enquanto as mais claras são normalmente mais leves e tal característica está diretamente ligada ao clima e ao teor de umidade do ar [10].

O tipo de grã é outra propriedade que interfere diretamente na resistência da madeira, podendo ser direita ou reta, que proporciona maior resistência mecânica ou com grãs irregulares, cujas subdivisões são: espiral, entrecruzada, ondulada ou oblíqua [10].

Algumas características organolépticas da madeira são: textura (podendo ser fina, média ou grosseira), brilho, desenho, densidade, massa específica aparente, teor de umidade, teor de sorção, contração e inchamento volumétrico, coeficiente de retrabilidade e anisotropia dimensional [10].

Como principais propriedades térmicas da madeira estão: baixa condutividade térmica, calor específico (que será dependente da temperatura e do teor de umidade e independente da densidade), baixa expansão ou dilatação térmica [10].

As propriedades elétricas variam de acordo com a umidade relativa da madeira e do ar, mas no geral, possui baixa condutividade e quando seca, pode ser considerada um bom isolante elétrico [10].

A madeira possui como principal propriedade mecânica um bom coeficiente de elasticidade, permitindo que a maior parte das deformações sejam apenas elásticas ao invés de plásticas, contudo, não é possível estabelecer o coeficiente elástico exato, pois este depende de diversas influências internas, dentre as quais estão: ângulo das fibras, variação da massa específica ao longo do tronco, grau de

polimerização da celulose, largura irregular e excentricidade dos anéis de crescimento, defeitos da madeira, entre outras [10].

Os cabos de vassoura em madeira estão ilustrados na figura 12.

Figura 12: Modelos de cabos de vassoura em madeira



Fonte: Google imagens

2.7.2. Alumínio

Apesar do alumínio ser o mais abundante metal do planeta, seu histórico de aplicações é recente tendo em vista que ele não se encontra naturalmente na forma metálica. Sendo assim, foi somente em 1824 que o dinamarquês Hans Christian Oersted o descobriu, isolando-o na forma que conhecemos hoje. Atualmente possui inúmeras aplicações em diversas áreas, tais como na fabricação de: painéis, peças de carro, janelas, equipamentos eletrônicos, latas de bebidas, entre outras [11].

O alumínio faz parte da classe dos metais e é um material cuja produção é recente, sendo fabricado desde 1882 em pequena escala e apenas ganhando um mercado considerável entre os anos 50 e 60 [12].

O alumínio é obtido a partir do minério bauxita, cuja extração é feita através de um processo de refino que resulta em um pó branco, a alumina. Em seguida a alumina passa por um processo eletroquímico para ser transformada em alumínio [11].

Possui como principais propriedades: densidade baixa em relação aos outros metais, sendo 1/3 da densidade do aço e do latão; ponto de fusão entre 650 e 700 °C; módulo de elasticidade baixo em relação aos outros metais, sendo 1/3 da densidade do aço e do latão, exigindo cuidados durante o processamento para evitar deformações; ótimas condutibilidade térmica e elétrica; excelente estabilidade

térmica; boa resistência à corrosão salina e por ácidos; aceita diversos tratamentos superficiais, tais como: decorativos, para resistência ao desgaste, resistência mecânica, dureza superficial, etc. [12].

Contudo, sua principal desvantagem é a oxidação a longo prazo, resultando na quebra da peça [12]. No caso, do cabo da vassoura pode resultar acidentes domésticos ou de trabalho. Está ilustrado na figura 13 um modelo de cabo de vassoura em alumínio.

Figura 13: Modelos de cabos de vassoura em alumínio



Fonte: Google imagens

2.7.3. Polímeros

O primeiro contato do ser humano com os materiais poliméricos foi na antiguidade, com os egípcios e romanos, utilizando-os para vedar vasilhames e colar documentos [2].

Os polímeros foram descobertos em torno de 1920 por Hermann Staudinger, ao apresentar um trabalho no qual propôs a teoria da macromolécula, onde afirmou que a borracha e outros produtos de síntese até então de estrutura química desconhecida, eram compostos por moléculas de longas cadeias, contudo, foi somente em 1928 que os polímeros foram definitivamente reconhecidos pelos cientistas com todas as características conhecidas atualmente [2 e 13].

O termo polímeros é na verdade uma designação genérica, pois trata-se de uma classe de materiais cujos produtos são formados por macromoléculas, através de enovelamento ou encadeamento de longas cadeias, constituídas por elementos individuais chamados de monômeros [14].

Os polímeros possuem propriedades distintas entre si, contudo, pode-se ressaltar como características gerais: são isolantes, possuem baixa condutibilidade

elétrica e térmica, são resistentes a corrosão, possuem boa flexibilidade, baixa densidade e boa resistência ao impacto [14].

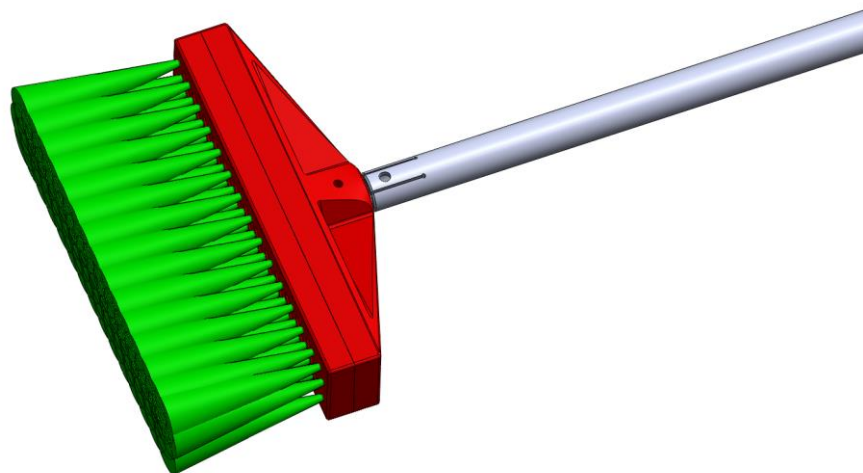
Dentre os polímeros mais utilizados atualmente, devido às suas propriedades e baixo custo, está o polipropileno – PP, que é um termoplástico cristalino, obtido a partir da polimerização do gás propeno [4].

A configuração molecular do PP é linear, que possui um radical metila posicionado em diferentes arranjos, podendo tornar o polímero, isotático ou sindiotático no caso da forma cristalina e atático no caso da forma amorfa. Essa diferença estrutural é resultante do catalisador utilizado na reação de síntese [4].

O PP possui como principais propriedades: ótima resistência à produtos químicos e à água, boas propriedades elétricas, baixa densidade: de 0,90 a 0,91 g/cm³, temperatura de fusão entre 168 e 176 °C, boa resistência ao impacto, boa estabilidade térmica, inodoro e sem gosto, inerte [4].

Está ilustrada na figura 14 um modelo de como ficaria uma vassoura totalmente polimérica e com cabo em PP.

Figura 14: Modelo de como ficaria um cabo de vassoura em polímero



Fonte: Autoria própria

3. OBJETIVO

O objetivo deste projeto é desenvolver um perfil do cabo da vassoura em plástico que suporte os esforços exigidos e atenda aos requisitos necessários para sua aplicação, de forma que resolva os principais problemas apresentados pelos cabos de madeira e alumínio, que são empenamento e oxidação, respectivamente e os encaixes entre o cabo e a base, que normalmente são susceptíveis à ruptura e desencaixam com facilidade.

O snap-fit destinado ao encaixe do cabo na base foi projetado com o intuito de obter uma boa fixação para que não se solte e não se quebre durante a utilização, de forma que apresente boas propriedades de resistência à flexão e fadiga e que possa ser fabricado junto ao cabo em um mecanismo acoplado à extrusora, para não agregar custo ao produto proveniente da utilização de vários processos diferentes.

Pretende-se que o suporte para pendurar a vassoura também seja feito em um mecanismo acoplado à extrusora, para reduzir o número de processos e que a longo prazo, não se solte do cabo, aumentando a vida útil da mesma.

4. METODOLOGIA

4.1. Perfil do cabo da vassoura

Inicialmente o perfil do cabo foi desenvolvido através de uma plataforma 3D com o auxílio do software SOLIDWORKS – 2013, com o intuito de obter uma imagem semelhante à real após a extrusão, para uma melhor visualização do comprimento, espessura e espaço anular do cabo. Tal visualização fez-se necessária para verificar se as medidas plotadas estavam ideais para a fabricação do produto real ou se necessitariam de adequações.

O cabo e o snap-fit projetados no SOLIDWORKS – 2013 foram feitos em polipropileno – PP, por ser um polímero barato e com propriedades satisfatórias em relação aos demais, cuja seleção de materiais foi efetuada em outro trabalho deste conjunto.

4.2. Modelo do snap-fit

Também com o auxílio do SOLIDWORKS – 2013, foi desenvolvido um snap-fit para encaixar o cabo na base da vassoura, de forma que este fosse adequado para resistir aos esforços que seriam aplicados durante a utilização do produto real, verificando-se assim, o material, modelo e geometria adequados para confecção do snap-fit para tal aplicação.

4.3. Análise de elementos finitos

Foi realizada, também com o auxílio do SOLIDWORKS – 2013, uma análise de elementos finitos no snap-fit para comprovar que o modelo, geometria e material escolhidos não resultariam em fratura do mesmo ao ser submetido aos esforços normais de utilização do produto, pois se houvesse ruptura do snap-fit, este não poderia ser considerado uma melhoria do produto em relação aos já existentes no mercado. Desta forma, a análise de elementos finitos foi fundamental para garantir a qualidade necessária para um futuro desenvolvimento do protótipo da vassoura.

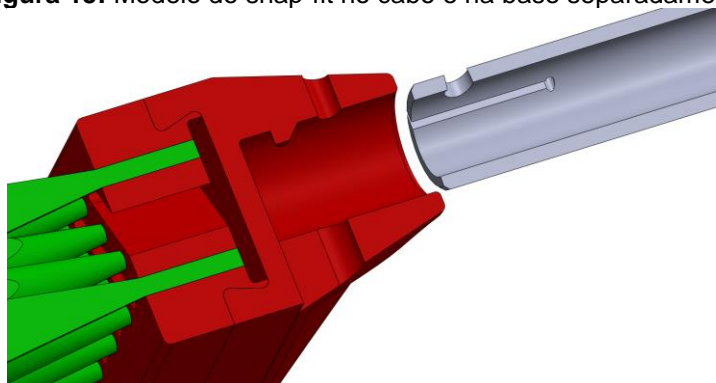
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Modelo do snap-fit no cabo e na base da vassoura

O modelo 3D foi desenvolvido seguindo modelos semelhantes aos disponíveis no mercado, agregando-se uma melhoria ao snap-fit, com um encaixe novo e que não se solta durante o uso, além de não sofrer deformação plástica ou ruptura com facilidade.

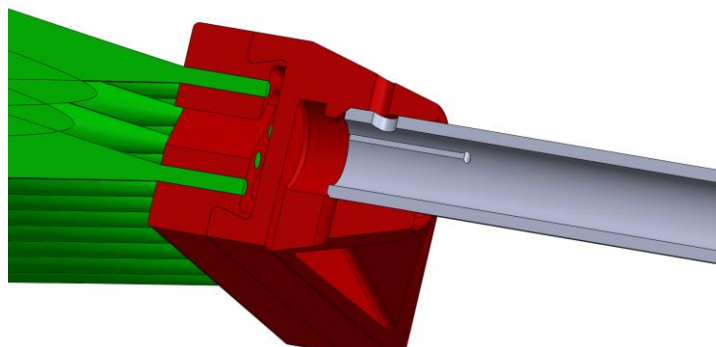
O snap-fit desenvolvido trata-se de duas aberturas em uma extremidade do cabo e um furo, conforme demonstrado na figura 15, de forma que ao ser pressionado contra a abertura na base, conforme figura 16, este sofrerá uma deformação elástica e assim que chegar ao final da base, retornará ao seu estado inicial, após o encaixe na saliência da base, conforme figura 17. Este snap-fit demonstrou ser uma forma prática, rápida e eficiente de encaixe entre duas peças.

Figura 15: Modelo do snap-fit no cabo e na base separadamente



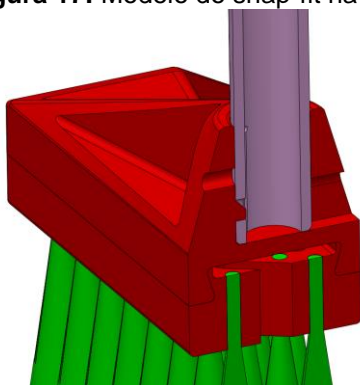
Fonte: Autoria própria

Figura 16: Modelo do snap-fit no cabo e na base montado



Fonte: Autoria própria

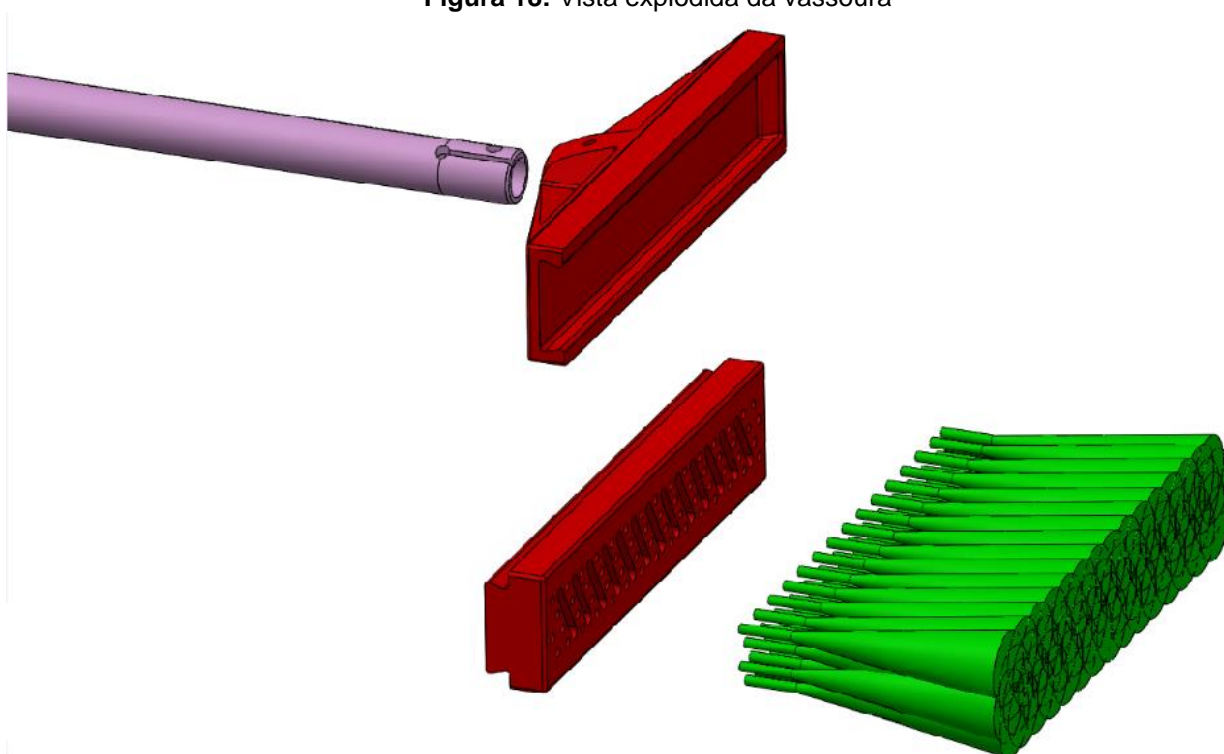
Figura 17: Modelo do snap-fit na base da vassoura



Fonte: Autoria própria

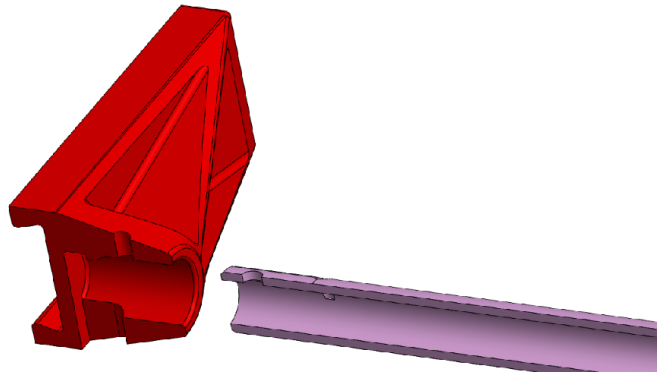
Seguem em figuras 18, 19 e 20, imagens para melhor visualização do snap-fit e seu funcionamento, sendo vista explodida da vassoura, snap-fit em corte e snap-fit com furo para encaixe, respectivamente.

Figura 18: Vista explodida da vassoura



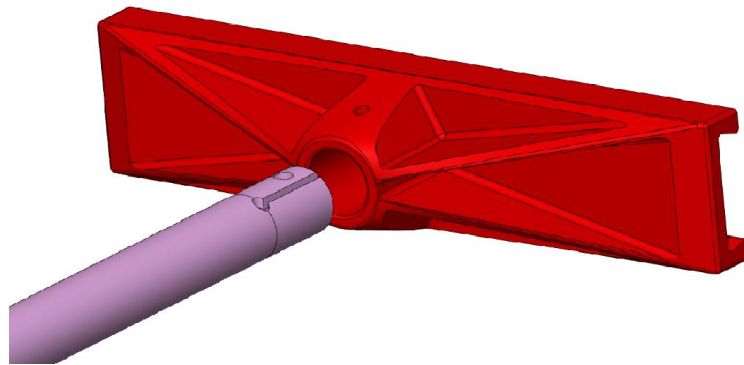
Fonte: Autoria própria

Figura 19: Snap-fit em corte



Fonte: Autoria própria

Figura 20: Snap-fit com furo para encaixe



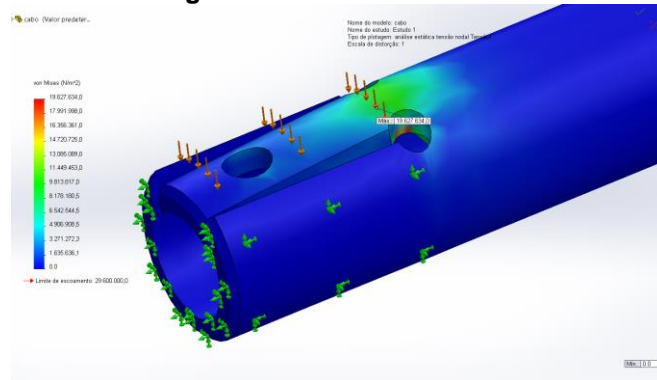
Fonte: Autoria própria

5.2. Análise de elementos finitos

Para comprovação das melhorias agregadas ao encaixe do cabo na base, snap-fit, foi realizada uma análise de elementos finitos em Solid Works 2013, verificando tensão, deslocamento e fator de segurança, simulando os esforços que ocorreriam durante uma utilização real.

Em 1822, Augustin Louis Cauchy (1789-1857) introduziu o conceito de tensão na Teoria da Elasticidade. A interação entre as partes do corpo é idealizada através de uma distribuição de forças, no caso geral com variação da intensidade e da direção ao longo da seção de corte, representada pelo denominado vetor de tensão σ [15]. Assim, a análise de tensão simula os esforços aplicados em determinada parte da peça, de acordo com a aplicação real, com o intuito de avaliar a resistência da mesma. A ilustração da análise de tensão encontra-se na figura 21.

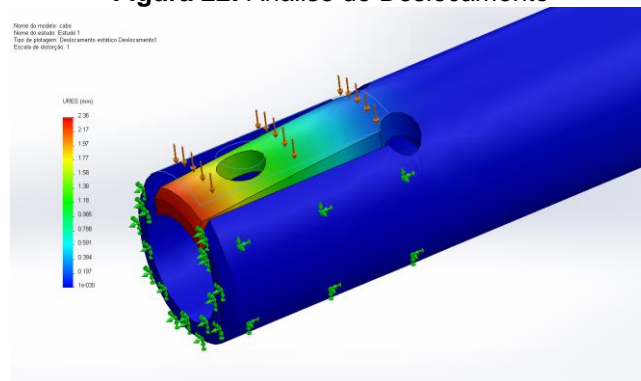
Figura 21: Análise de Tensão



Fonte: Autoria própria

A análise de deslocamento é utilizada com o intuito de avaliar o deslocamento sofrido pelo snap-fit em questão para garantir sua eficácia, pois com um baixo deslocamento, não ocorreria o encaixe das peças e com um deslocamento muito alto, poderia resultar na ruptura do mesmo, inviabilizando o produto. A análise de deslocamento está ilustrada na figura 22.

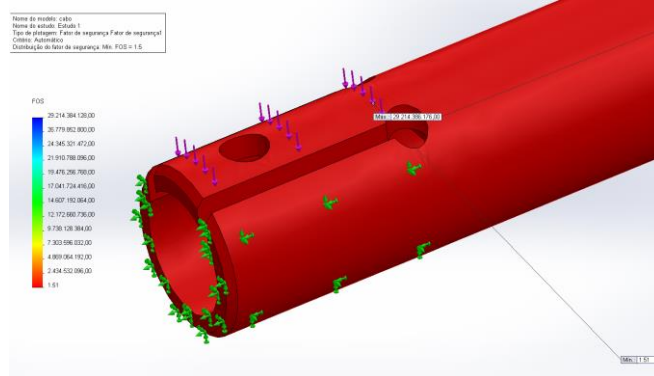
Figura 22: Análise de Deslocamento



Fonte: Autoria própria

O fator de segurança é a relação entre a carga de ruptura e a carga admissível, sendo sempre um número maior que 1 a fim de reduzir a possibilidade de falhas, prevenindo incertezas quanto as propriedades do material, esforços aplicados, variações, entre outras. O fator de segurança varia de acordo com o material e com a aplicação da peça em questão [16]. O fator de segurança obtido nesta análise foi de 1.5, que mesmo sendo muito próximo de 1 é aceitável, tendo em vista que tal aplicação não exige resistência a grandes esforços e não oferece riscos consideráveis em caso de ruptura. A análise encontra-se na figura 23.

Figura 23: Fator de Segurança: 1,5

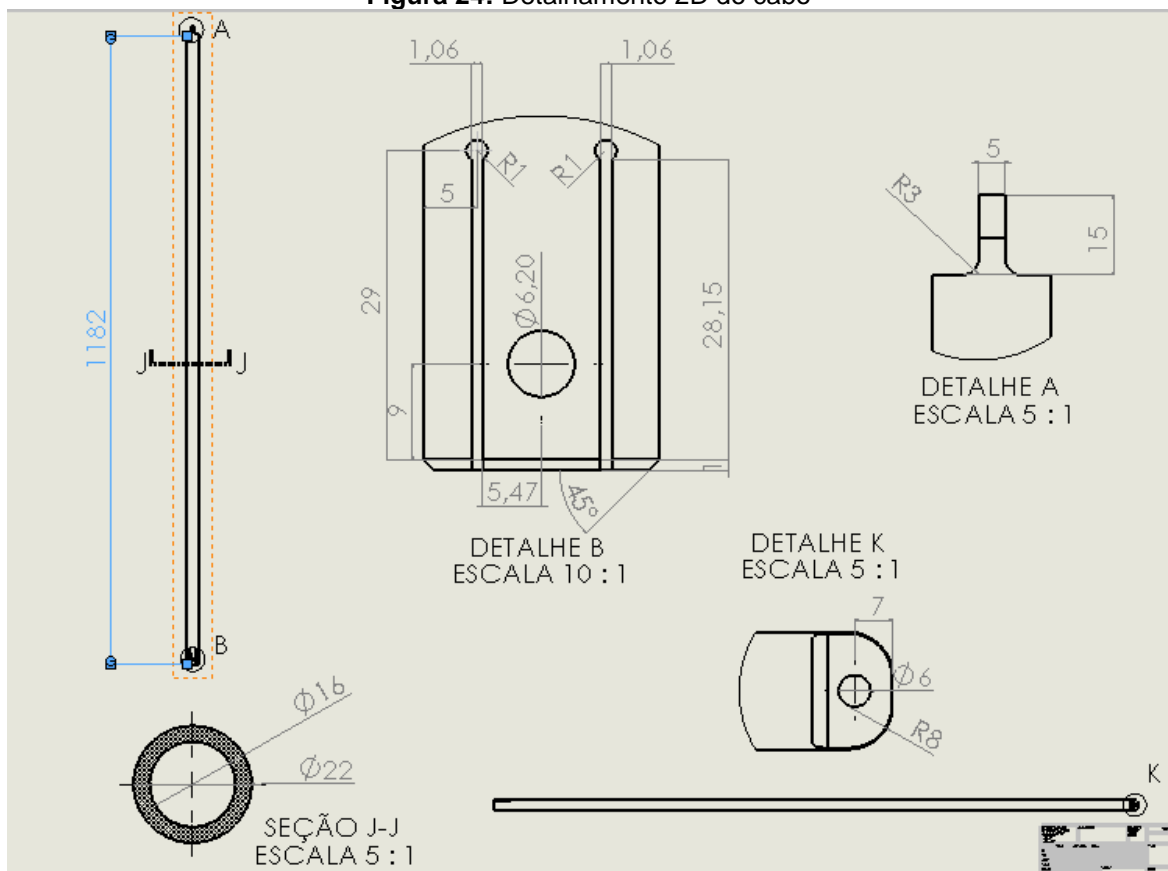


Fonte: Autoria própria

5.3. Detalhamento 2D do cabo

O desenho 2D do cabo foi feito com o intuito de mostrar os detalhes do snap-fit e do suporte para pendurar a vassoura, visando facilitar o entendimento das melhorias agregadas. Tais melhorias demonstraram-se satisfatórias.

Figura 24: Detalhamento 2D do cabo



Fonte: Autoria própria

6. CONCLUSÃO

O software SOLIDWORKS apresentou-se como uma importante ferramenta, a partir da qual foi possível desenvolver um modelo virtual de uma vassoura em 3D, com todos os detalhes e adequações desejados, além de possibilitar uma análise do snap-fit através dos elementos finitos, verificando assim se a geometria, material e modelo estavam adequados ao produto e sua respectiva utilização, para proporcionar uma futura fabricação e colocação da vassoura polimérica como um novo produto no mercado.

Os resultados obtidos com o protótipo virtual foram bastante satisfatórios, pois foi possível desenvolver a vassoura com as adequações necessárias para melhoria do produto em relação aos já existentes no mercado, apelo visual e ecológico desejados e com boas propriedades mecânicas do snap-fit, que é a parte mais vulnerável do produto, pois está sujeito à flexão e fadiga.

Sendo assim, pode-se concluir que o produto pode ser fabricado e comercializado de acordo com o modelo, oferecendo maior variedade aos consumidores.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros seria interessante desenvolver as ferramentas para a confecção do suporte para pendurar a vassoura e do snap-fit, de forma que esta, fique acoplada à extrusora, reduzindo a quantidade de processos envolvidos e consequentemente o custo do produto final.

Poderiam ser efetuadas parcerias para a confecção do protótipo da vassoura, o que tornaria possível uma melhor avaliação sobre defeitos e melhorias a serem efetuadas e possibilitaria a colocação da mesma como um produto para venda no mercado futuramente.

Além disso, seria conveniente efetuar uma pesquisa de mercado para verificar a aceitação de uma vassoura totalmente polimérica, avaliando a viabilidade de disponibilizá-la para venda, pois ainda hoje, há um preconceito em relação aos plásticos por parte da população.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais uma introdução**. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC 2013.
- [2] CANEVAROLO Jr., Sebastião V. **Ciência dos polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 3ª edição. São Paulo: Artliber Editora, 2013.
- [3] <http://ergotriade.com.br/varrendo-com-mais-ergonomia-qual-o-tamanho-ideal-do-cabo-de-uma-vassoura/>, acesso em: 01/08/2016 às 12:30 h.
- [4] SENAI-DR/BA/CETIND/NIP. **Extrusão de Filmes**. Série Plástico, 2. Salvador: Livraria Triângulo Editora LTDA, 1997.
- [5] SENAI-DR/BA/CETIND/NIP. **Extrusão de Plásticos**. Série Plástico, 3. Salvador: Livraria Triângulo Editora LTDA, 1998.
- [6] PIAZI, João C.; JUNIOR, Sérgio L. P. F. **Extrusão: Noções básicas e Aplicações**. 2ª edição. Polialden Editora, 1992.
- [7] http://www.ufrgs.br/lapol/processamento/l_51.html, acesso em: 01/08/2016 às 11:00 h.
- [8] MANRICH, Silvio. **Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes para extrusão, injeção e moldes para injeção**. 2ª edição. São Paulo: Artliber Editora, 2013.
- [9] BASF Plastics Corporation 1609. **Snap-Fit Design Manual**. Biddle Avenue Wyandotte, Michigan, 2006.
- [10] Moreschi, J. C. **Propriedades da Madeira**. Apostila adaptada pelo Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Adaptada de 1ª edição: fevereiro/2005 e 4ª edição: novembro/2012. Curitiba-PR. Atualização: setembro/2014.
- [11] <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/met-aluminio/>, acesso em 16/06 às 21:55 h
- [12] WEINGAERTNER, Walter L.; SCHROETER, Rolf B. **Tecnologia de Usinagem do Alumínio e suas Ligas**. 2ª edição. São Paulo: Alcan Alumínio do Brasil, 1991.
- [13] Mano, Eloisa B.; Mendes, Luiz C. **Introdução a Polímeros**. 2ª edição revisada e ampliada – São Paulo: Edgard Blucher Editora, 2004.

[14] MICHAELI, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSEBÜRGER, Franz-Josef. **Tecnologia dos Plásticos**. Tradução Christian Dihlmann – São Paulo: Blücher Editora, 1995.

[15] www.ctec.ufal.br/professor/enl/mecsol2/4%20%20Analise%20de%20Tensoes.Pdf, acesso em: 03/08/2016 às 10:05 h.

[16] www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT096%20-%20Aula%2002.pdf, acesso em: 03/08/2016 às 10:00 h.