

ANÁLISE ESTRUTURAL DE MOLDES PARA INJEÇÃO PLÁSTICA

Eduardo Schuerts Schlichta

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
eduardoschlichta@gmail.com

Carlos M. Sacchelli

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
carlos.sacchelli@gmail.com

João Victor Dalla Costa Radomski

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
joaotitoo4@gmail.com

Resumo: O processo de injeção de componentes plásticos é amplamente utilizado em todo mundo pelas mais diversas indústrias visto a sua boa repetibilidade, custo e rapidez na produção. A principal ferramenta deste processo são os moldes de injeção, os quais tendem a ser componentes de alto custo devido aos materiais de alto valor e da sua complexidade de fabricação. Normalmente o molde de injeção é um produto específico para cada componente injetado, fazendo com que seja necessário para cada componente novo uma nova ferramenta. Assim, o objetivo principal deste trabalho será de analisar possíveis reduções nas dimensões dos componentes do molde, visando a redução no valor dos materiais e consequentemente seu custo de aquisição e de fabricação. Para isto será primeiramente realizada a simulação do processo de injeção com o CAE Moldflow® para obtenção dos valores das pressões de injeção e forças, estabelecendo as condições de contorno para uma análise estrutural em um outro aplicativo CAE. Estudos preliminares demonstram que os componentes do molde estão com uma dimensão com fatores de segurança elevada, havendo oportunidades para a sua redução, mantendo suas propriedades mecânicas e dimensionais, reduzindo assim custos e recursos utilizados.

Palavras-chave: Moldes de injeção; Análise Estrutural Computacional; Processo de injeção

1. INTRODUÇÃO

Os componentes plásticos se mostram úteis nas mais diversas ocasiões de nosso cotidiano, de complexas peças utilizadas em eletrodomésticos a embalagens que usamos em nosso dia a dia. De acordo com Harada (2008) o uso desse material e método de manufatura vem se mostrando interessante já que produz peças de baixo custo em grande quantidade com grande variedade, em conjunto com a possibilidade de manufatura de formas complexas.

Dentre as indústrias que mais utilizam componentes plásticos destaca-se a automotiva, uma vez que, a cada ano, os veículos automotores têm empregado mais componentes a base de polímeros. Isso se dá por diversas razões, dentro dessas podemos citar a redução do peso, uma vez que de acordo com a IEA (2019), 50% do volume das peças de um automóvel são feitas em polímeros, porém estas correspondem a apenas 15% do peso do veículo. Essa redução em massa torna os carros cada vez mais econômicos. Outro motivo advém das características mecânicas dos polímeros, que vem melhorando ano após ano.

Segundo a IEA (2019) os polímeros apresentam uma boa vida útil e apresentam maior liberdade de formas visto seu processo de fabricação. O uso também de bioplásticos vem se tornando uma tendência visto que apresenta um menor impacto ambiental se comparado a materiais metálicos, também tem sido fortemente impulsionado pelo mercado de veículos elétricos, os quais têm como objetivo apresentar um menor impacto ambiental.

Diante desse cenário de pós-pandemia, o mercado de plásticos brasileiro como um todo tende a se reerguer visto o aquecimento em geral da economia. Contudo segundo Fragoso (2021) o mercado de produtos plásticos no Brasil sofre com a falta de incentivos e alta burocracia do estado e ainda não consegue atender algumas demandas do mercado como a maior reciclagem, uso de bioplásticos, processos mais automatizados e sustentáveis e acima de tudo redução nos custos.

Como no processo dos componentes plásticos há necessidade da construção de um ferramental de alto valor, há necessidade de melhorar a competitividade das empresas reduzindo o custo da ferramenta. Tal redução não apenas diminui os gastos mas aumenta a gama de componentes a serem fabricados uma vez que moldes mais baratos viabilizam a produção de peças específicas em menor quantidade. Dentre as alternativas para se reduzir o custo dos moldes está a redução da matéria prima. Segundo Ress (2001) devido às condições de trabalho nas quais os moldes operam estes necessitam de materiais de custo elevado o que por fim torna o processo de injeção mais custoso. Dentre as possíveis soluções para reduzir os custos, os projetistas podem contar com o auxílio das análises CAE (Computer Aided

Engineering ou Engenharia Auxiliada por Computador) com as quais se pode ajudar no dimensionamento ,mais preciso das placas do molde.

Desta maneira, o presente projeto tem como objetivo a otimização dos moldes visando a redução do material utilizado em sua manufatura. Tal análise se deu utilizando dados obtidos por um estudo CAE com os quais foram obtidos às pressões de injeção e força a ser suportada pelo molde. Uma vez mensurado tais esforços, se buscou reduzir as dimensões dos componentes integrantes do molde, baseando-se principalmente nas dimensões mais usadas pela indústria.

2. MOLDE DE INJEÇÃO

Os moldes de injeção para processamento de materiais plásticos são ferramentas utilizadas nas máquinas injetoras para a manufatura de peças plásticas. Segundo Harada (2008), sua função é moldar o plástico fundido de acordo com a forma projetada. Os moldes são compostos por diversos componentes, dentre elas as cavidades, na qual o material plástico é injetado, em alta pressão, de maneira que após a sua solidificação o molde se abre e a peça é formada de acordo com a forma da cavidade. Cada molde varia de acordo com a peça a ser produzida, sendo levado em conta principalmente a sua geometria, tamanho do produto, linha de fechamento dentre outros parâmetros.

O mercado de moldes no Brasil tem um especial destaque no ramo de utensílios domésticos, chamada também de linha branca, mas o ramo automotivo também merece um grande destaque. De acordo com Santos (2021) os centros onde se encontram a grande maioria das empresas que desenvolvem o molde, denominadas de ferramentarias são Joinville em Santa Catarina, Caxias do Sul no Rio Grande do Sul e Bragança Paulista em São Paulo. O mercado atualmente encontra dificuldades uma vez que os moldes fabricados no Brasil apresentam uma boa qualidade porém o seu custo não é tão vantajoso comparado aos dos importados e os prazos não são tão interessantes, tendo assim baixa competitividade.

De acordo com a Grand View Research Inc. (GVR,2021), o mercado de moldes de injeção tende a crescer significativamente nos próximos anos devido à possibilidade de se produzir componentes com alta qualidade em curto prazo. Dentre os produtos que tendem a impulsionar o mercado de peças injetadas estão os eletroeletrônicos os quais têm empregado cada vez mais carcaças de plástico e principalmente o mercado automotivo que tem ano após ano aumentando o número de componentes plásticos visando a redução do uso de peças metálicas.

Segundo Potsch e Michaeli (2007) o molde de injeção de plástico (Fig. 1) é composto por diversos componentes. Dentre os mais importantes podemos citar os postigos que compõem a cavidade, os quais são responsáveis por dar forma a peça que se deseja fabricar. Tais postigos ou insertos estão alojados nas placas cavidades (superior e inferior) as quais são usinadas de modo a acomodá-los, assim como os canais que são responsáveis pelo transporte do material fundido até as cavidades. Além disso, elas contém também o anel centralizador e a bucha de injeção, os quais são a interface de contato do molde com o cilindro de plastificação da máquina injetora. Em conjunto a estes componentes há os pinos extratores que como o nome já diz visam auxiliar na remoção da peça do molde, tais pinos são movimentados pela placa extratora a qual se move entre dois espaçadores. Limitando o curso de tais pinos estão a placa base inferior e a placa suporte a qual tem como função gerar resistência mecânicas à distribuição de pressão no interior das cavidades, evitando deformações estruturais que possam interferir nas dimensões do produto, desta maneira com esta placa e os espaçadores se dará grande parte de nosso estudo, pois tais componentes são responsáveis por suportar os esforços gerados durante o processo de injeção, no caso a pressão que age nas faces que o molde tem contato.

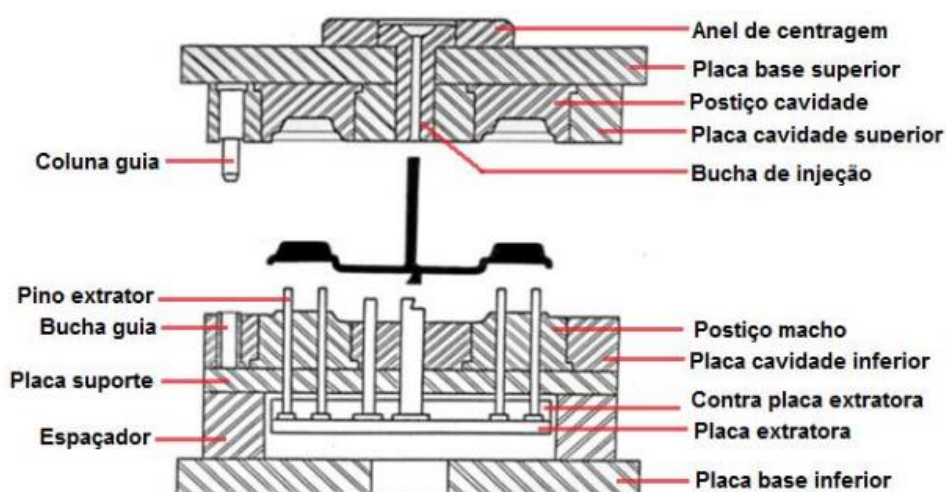


Figura 1. O molde e seus componentes (Escola “LF”, 2009)

Dentro do mercado, visando reduzir custos, algumas empresas comercializam moldes com tamanhos pré definidos, também conhecidos como porta moldes, tendo grande parte do molde já produzido apenas a cavidade ou o inserto precisa ser usinado pela ferramentaria, tal prática torna a produção mais ágil e dinâmica. Esses moldes padronizados são usados

em larga escala pela indústria, além de servirem de base para projeto de novos moldes, e no Brasil os principais fabricantes de porta moldes são a Polimold, MDL e Três-S.

Ferramentas computacionais têm sido propostas para auxiliar o projetista do molde em melhores escolhas, como por exemplo o Moldflow®, que segundo Shoemaker (2006) permite rever diversos parâmetros do processo de injeção tais como direção do fluxo, temperatura, pressão de injeção, força de fechamento, linhas de solda, número de pontos de injeção, empenamento, contração, tempo de injeção dentre outros parâmetros do processo de injeção. O uso de tais softwares se mostra interessante uma vez que pode se obter um panorama da injeção antes mesmo da produção do ferramental reduzindo e muito os custos de desenvolvimento de novos produtos.

Os CAE estruturais como Ansys® e o Nastran são utilizados em projetos mecânicos para a prever o comportamento de determinada peça ou sistema diante dos esforços os quais essa será submetida. Segundo Lee(2021) o uso de tais softwares permite obter com grande precisão as magnitudes de diversas variáveis de interesse durante o projeto mecânico, dentre essas podemos citar principalmente as tensões, deformações e fator de segurança do conjunto.

3. ESTUDO DE CASO

Como o objetivo deste trabalho é analisar as condições estruturais do molde visando a redução dimensional dos elementos construtivos do molde, em um primeiro momento foi analisado, dentre as partes móveis do molde, quais delas possibilitam redução de suas dimensões sem interferir na operação do molde. Após análise conclui-se que os espaçadores e a placa suporte (Fig.1) eram as mais indicadas para o estudo uma vez que as dimensões dessas não interferiram, por exemplo, na profundidade da cavidade, o que limitaria a dimensão das peças a serem produzidas, além de não interferir na área útil do molde. Com isso foram selecionados, dentre as dimensões comumente utilizadas de porta moldes no mercado da empresa Polimold por ser a que detém maior mercado nacional, 10 tamanhos de moldes a serem estudados, sendo as dimensões destes moldes de acordo com o catálogo da empresa (Polimold, 2022).

A metodologia utilizada para a análise se baseou em primeiramente gerar a geometria destes porta moldes, de forma simplificada descartando elementos que não teriam interferência nos resultados reduzindo assim os custos computacionais da análise. Dessa forma foi gerada a geometria 3D, por meio de software CAD, do molde constituindo-se da placa suporte, placa cavidade inferior e espaçadores. Em conjunto a geometria do molde, foi gerado também a geometria da peça a ser injetada Fig.2, que foi criada se baseando em um retângulo, com a base nas dimensões da área útil “x e y” do molde - Fig. 3 de Polimold (2022), sendo a sua espessura com 3 dimensões diferentes: 1, 3 e 5 mm, uma vez que a espessura da maioria dos componentes injetados estão entre esses valores.

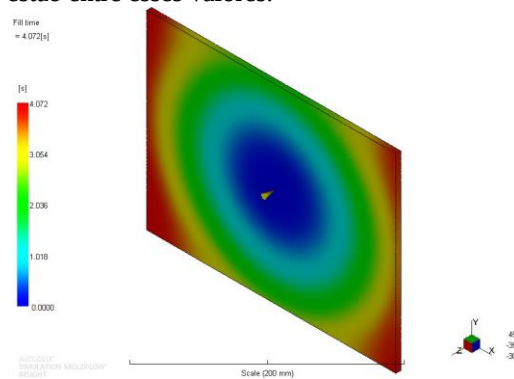


Figura 2. Simulação do processo de injeção da peça utilizando o Software Moldflow®. (Autores, 2022)

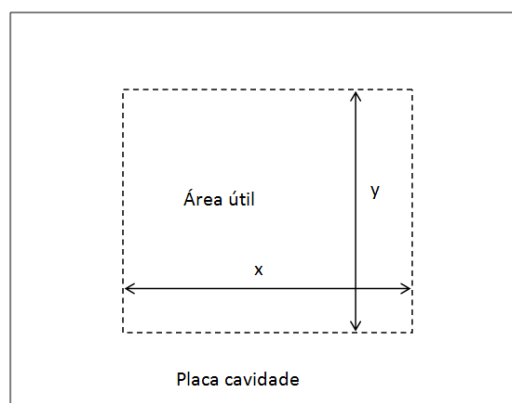


Figura 3. Representação da área útil na placa cavidade. (Autores, 2022)

A partir dessas geometrias (Fig. 2), o processo de injeção foi simulado por meio do software Moldflow® utilizando os parâmetros automáticos do software sendo apenas alterado o tamanho da malha, a temperatura do material e a temperatura do molde. O ponto de injeção se deu no centro da peça.

Com as simulações do Moldflow temos o volume de injeção, força de fechamento e pressão, sendo observados na Tab.1. Baseado nos valores da Força de Fechamento foi possível realizar a análise estrutural.

Série	Espessura (mm)	X (mm)	Y (mm)	Volume (mm ³)	Força de fechamento (Toneladas)	Pressão (MPa)
15.15	1,5	88	42	5544	4,9022	13,0115
15.15	3	88	42	11088	1,248	3,3125
15.15	5	88	42	18480	0,6728	1,7858
20.20	1,5	116	72	12528	15,3428	18,0212
20.20	3	116	72	25056	3,6508	4,2881
20.20	5	116	72	41760	2,3561	2,7674
25.40	1,5	148	246	54612	114,1503	30,7574
25.40	3	148	246	109224	36,8009	9,9159
25.40	5	148	246	182040	16,5425	4,4573
35.35	1,5	256	196	75264	193,6169	37,8544
35.35	3	256	196	150528	66,7029	13,0412
35.35	5	256	196	250880	26,0791	5,0988
40.40	1,5	266	238	94962	266,6511	41,3194
40.40	3	266	238	189924	94,0512	14,5739
40.40	5	266	238	316540	37,5794	5,8232
45.45	1,5	316	288	136512	413,5443	44,5771
45.45	3	316	288	273024	148,0979	15,9639
45.45	5	316	288	455040	59,4981	6,4135
50.50	1,5	366	322	176778	541,3525	45,0622
50.50	3	366	322	353556	199,3645	16,5951
50.50	5	366	322	589260	74,5236	6,2033
50.80	1,5	322	598	288834	1505,691	76,7093
50.80	3	322	598	577668	648,6237	33,0449
50.80	5	322	598	962780	269,6577	13,738
60.60	1,5	466	422	294978	1198,5393	59,7892
60.60	3	466	422	589956	514,4618	25,664
60.60	5	466	422	983260	203,5164	10,1524
70.100	1,5	522	798	624834	3575,563	84,2054
70.100	3	522	798	1249668	1703,6485	40,1214
70.100	5	522	798	5082780	817,3119	19,2479

Tabela 1. Dados do software Moldflow (Autores, 2022).

Em um primeiro momento foi utilizado a pressão máxima de injeção informada pelo Moldflow®, porém ao aprofundar as análises foi notado que essa ocorria apenas em certas regiões. Visando determinar a real pressão máxima agindo em

toda a cavidade, foi realizado um cálculo no qual se dividiu a força de fechamento do molde pela área projetada da cavidade. A utilização da força de fechamento se deu pois essa corresponde à força que o polímero exerce na cavidade e que deve ser suportada pela máquina injetora, tendo a força foi apenas necessário dividir pela área para se obter a pressão.

Com tais as magnitudes das pressões exercidas nas faces da cavidade foi possível iniciar a simulação utilizando o software Ansys 2022 R1. A análise estrutural teve como foco a parte móvel do molde analisando a placa porta cavidade inferior, a placa suporte, e os dois espaçadores, pois devido ao processo de injeção essas placas que irão sofrer maior solicitação devido a pressão de injeção (Fig.3). Como critério de falha foi adotado o critério de falha de Von Mises ou Teoria da Energia de Distorção Máxima, uma vez que esse se aplica bem a materiais dúcteis e correlaciona a energia de distorção. Esse critério de falha nos diz que a tensão de Von Mises deve ser inferior à tensão de escoamento do material. “Um elemento estrutural (dúctil) irá falhar se a energia associada à mudança de forma de um corpo, submetido a um carregamento multiaxial, ultrapassar a energia de distorção de um corpo de prova submetido a um ensaio uniaxial de tração”. HIBBELER(2010).

Em um primeiro momento foi gerado a geometria dos diversos porta moldes selecionados e estes foram simulados considerando a profundidade da cavidade de 5 mm. Na Fig. 4 pode ser observado a região central com maior tensão, pois foi considerado como condição de contorno que seria nesta região onde a pressão estava sendo aplicada.

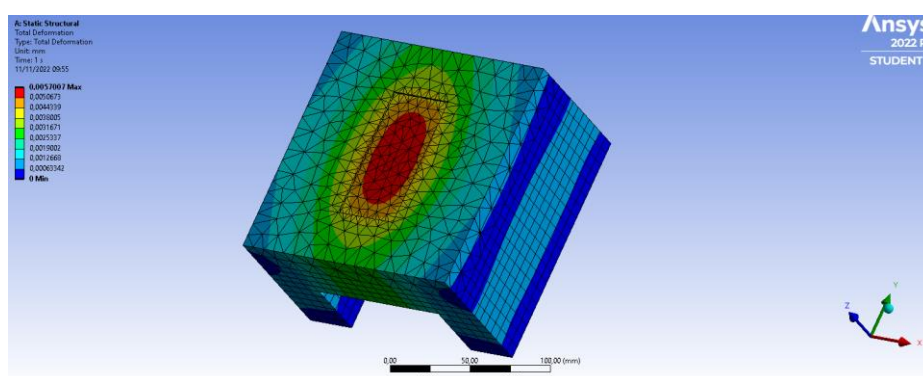


Figura 4. Simulação do molde da série 15.15 no software ANSYS. (Autores, 2022)

Durante as análises preliminares realizadas (Tab. 2) percebeu-se que alguns moldes desses moldes apresentavam elevado fator de segurança e baixas tensões, como por exemplo o molde da série 15.15 que resultou em uma tensão de 4,87 MPa e um fator de segurança de 65, quando utilizado para estes componentes o aço 1045 que possui uma tensão de escoamento de 320 MPa.

Série	Molde	Espessura (mm)	Pressão (MPa)	Deformação total (mm)	Equivalent (von-Mises) Stress (max)	Fator de Segurança
15.15	156156	1,5	13,0115	1,33E-03	27,9600	11,4455
15.15	156156	5	1,7858	1,29E-03	4,8741	65,6531
20.20	196196	1,5	18,0212	2,22E-02	47,202	6,7794
20.20	196196	5	2,7674	3,41E-03	7,2484	44,1477
25.40	246396	1,5	30,7574	4,29E-02	144,24	2,2185
25.40	246396	5	4,4573	6,22E-03	20,903	15,3088
35.35	346346	1,5	37,8544	6,63E-02	188,61	1,6966
35.35	346346	5	5,0988	8,93E-03	25,404	12,5964
40.40	396396	1,5	41,3194	2,02E-01	363,45	0,8804
40.40	396396	5	5,8232	4,91E-02	88,206	3,6279
45.45	446446	1,5	44,5771	3,66E-01	479,45	0,6674
45.45	446446	5	6,4135	5,26E-02	68,98	4,6390

Tabela 2. Deformações e tensões máximas para cada um dos tamanhos de moldes selecionados (Autores, 2022).

Série	Molde	Espessura (mm)	Pressão (MPa)	Deformação total (mm)	Equivalent (von-Mises) Stress (max)	Fator de Segurança
50.50	496496	1,5	45,0622	4,61E-01	725,68	0,4409
50.50	496496	5	6,2033	6,35E-02	99,898	3,2032
50.80	496796	1,5	76,7093	3,62E-01	437,11	0,7321
50.80	496796	5	13,738	6,48E-02	78,283	4,0877
60.60	596596	1,5	59,7892	6,56E-01	645,92	0,49542
60.60	596596	5	10,1524	1,11E-01	109,68	2,9176
70.100	696996	1,5	84,2054	1,36E+00	1015,3	0,3152
70.100	696996	5	19,2479	3,12E-01	232,09	1,3788

Tabela 2. Deformações e tensões máximas para cada um dos tamanhos de moldes selecionados (Autores, 2022).
Continuação

Já os moldes maiores em algumas situações apresentaram coeficientes de segurança abaixo de um, nesses casos é comumente feito o uso de pilares os quais são como os espaçadores localizados na parte central do molde. Porém, como atestado pelas simulações, para um mesmo molde nem sempre é necessário a utilização do pilares visto que para a manufatura de peças de maiores espessuras as tensões são mais baixas, sendo assim o uso indiscriminado dos pilares representa um gasto desnecessário de material. Os moldes menores apresentavam a maior diferença entre a tensão máxima equivalente e a tensão de escoamento do material, demonstrando que esses se encontravam super dimensionados, devido a isso decidiu-se por aprofundar as análises neste momento em moldes menores uma vez que estes possibilitam uma maior possibilidade de redução de material, sendo escolhido o molde da Série 15.15 os quais têm dimensões apresentadas na Fig.5. Com tais dimensões foi gerado a sua geometria CAD e com essa se deu início às análises com o software Ansys.

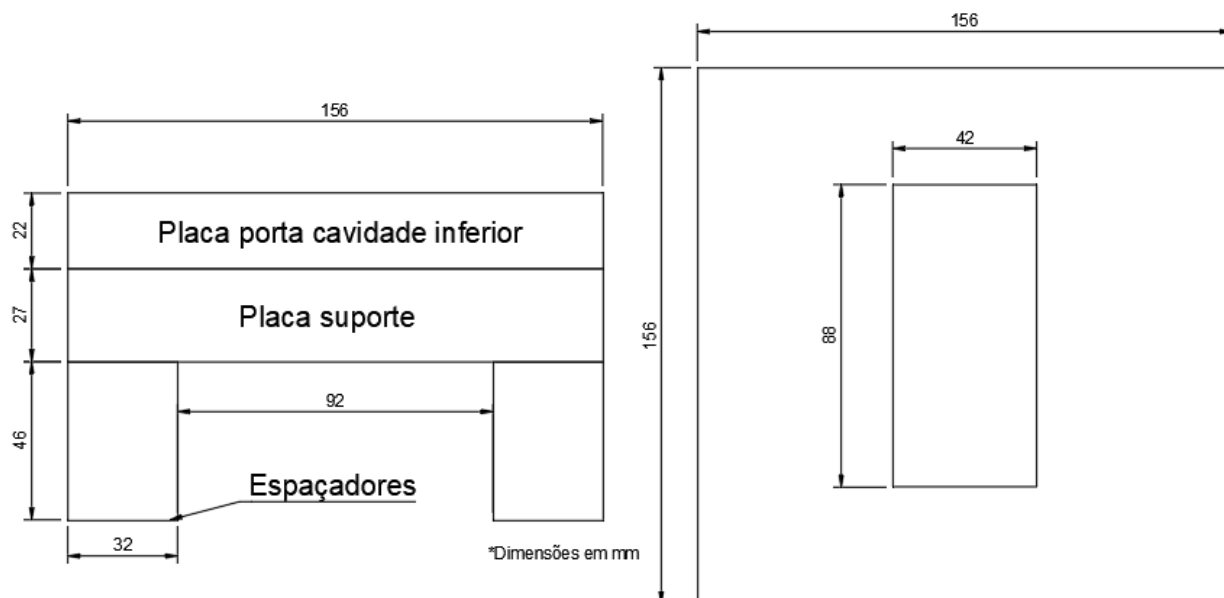


Figura 5. Dimensões do molde da série 15.15 a serem analisadas (Autores, 2022).

De acordo com Saeed (1999) há um certo ponto onde a redução do tamanho da malha a ser usada na análise já não se torna tão vantajosa visto que os resultados obtidos se aproximam do esperado sem a necessidade de um gasto computacional tão elevado. Desta maneira, e com base nessa geometria, foram realizadas diversas simulações alterando

o tamanho da malha de modo a analisar a partir de que ponto essa convergia, com isso foi gerado o gráfico da Fig. 6. A partir desse conclui-se que um tamanho de malha de 6 mm proporciona bons resultados, pois a mudança da malha de 6 mm para 5 mm apresenta uma variação de tensão de apenas 7% entretanto o aumento do tempo de simulação se dá na casa dos 45%.

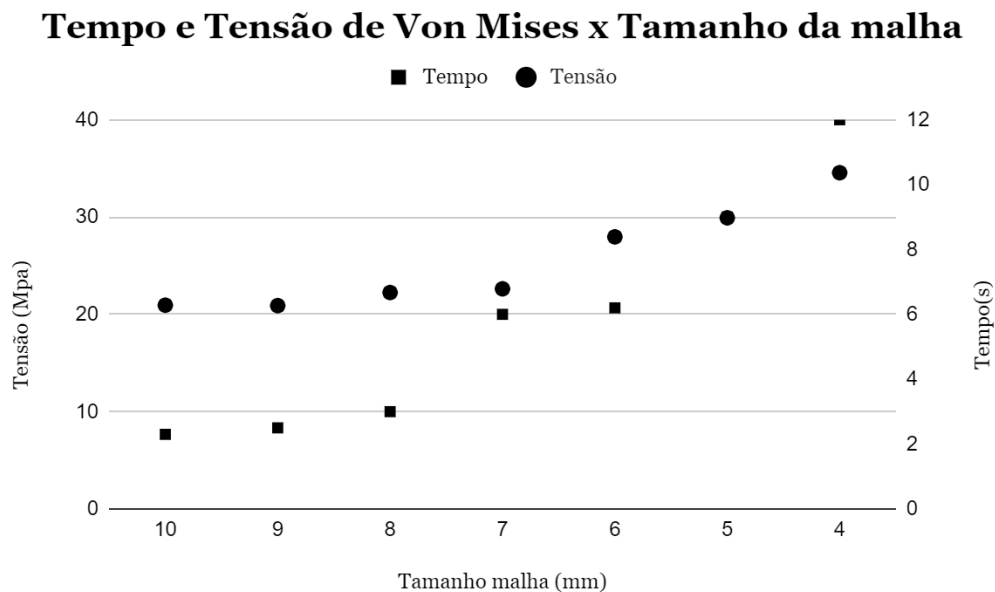


Figura 6. Gráfico Tempo e Tensão de Von Mises x Tamanho da malha (Autores,2022)

Definido o tamanho de malha a ser utilizada foi possível obter alguns dados da simulação. Dentre esses foram obtidos a tensão máxima equivalente de Von Mises e as deformações em 3 pontos diferentes do molde (Fig. 7), os quais se mostraram críticos para que o molde atendesse os parâmetros desejados. As deformações nesses 3 pontos podem, além de prejudicar as dimensões das peças, afetar também o funcionamento do molde.

O ponto 1 foi escolhido pois com ele se espera obter a deformação total na face da cavidade, visto que essa têm impacto nas dimensões da peça a ser injetada, uma vez que suas deformações são transmitidas ao componente injetado, e caso essa deformação atinja magnitudes muito altas pode inviabilizar a peça, uma vez que as dimensões desta se encontrariam fora de tolerância. Para o ponto 2 será considerada a parte inferior da placa suporte na parte central, a qual, se muito elevada, pode interferir no funcionamento dos pinos extratores. O ponto 3 se localiza na parte superior do espaçador, e foi selecionado pois é nessa região onde se encontram as maiores tensões.

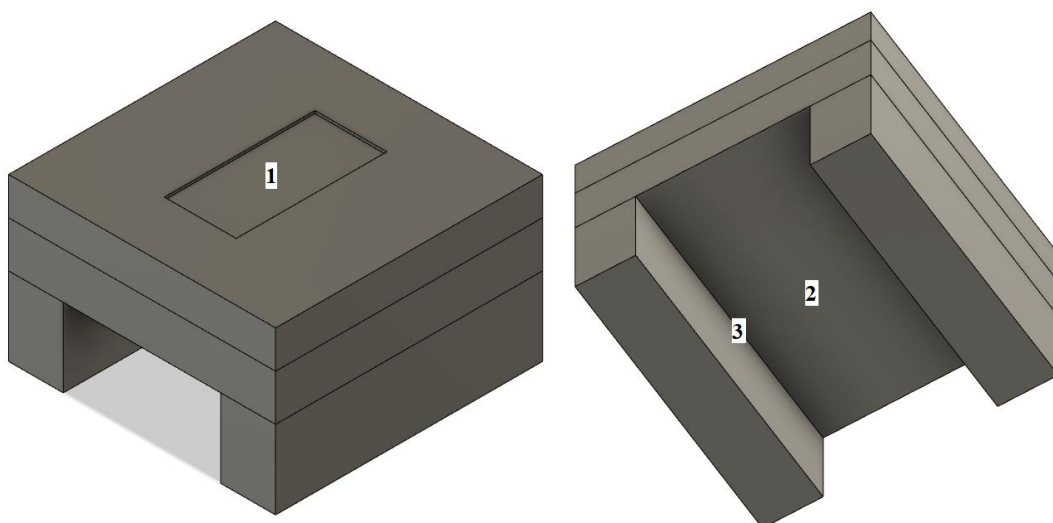


Figura 7. Pontos de análise da deformação do molde (Autores,2022)

Desde as primeiras análises foi percebido que mesmo com as maiores pressões de injeção, as quais correspondiam a peça de 1,5mm de espessura, o molde ainda apresentava uma tensão máxima equivalente bem menor que a tensão de escoamento do material, resultando em um fator de segurança igual a 11 (Tab. 3), ou seja a tensão máxima equivalente de Von Mises era 11 vezes menor que a tensão de escoamento do material. Para as peças com espessuras maiores essa margem é ainda maior.

Assim, foram geradas novas geometrias com reduções na dimensão das placas suporte e dos espaçadores, sendo proposto dentro dessas análises uma redução de 25% e 50% da espessura da placa suporte e dos espaçadores. Com essas novas geometrias as simulações foram refeitas e os novos valores de tensão equivalente e de deformações foram obtidos, tais dados são apresentados na Tab.3 onde a primeira linha representa os valores nominais do molde sem modificações. A deformação total corresponde a maior deformação entre todos os componentes do molde, essa se encontra no centro da cavidade.

Placa suporte	Espaçadores	Massa (kg)	Deformação total (mm)	Fator de segurança	Tensão equivalente (MPa)	Def. 1 (mm)	Def. 2 (mm)	Def. 3 (mm)
100%	100%	12,9220	0,0057	11,4455	27,9600	0,0057	0,0046	0,0020
75%	100%	11,6330	0,0067	9,5858	33,3830	0,0067	0,0058	0,0015
50%	100%	10,3430	0,0085	7,7705	41,1811	0,0086	0,0079	0,0014
100%	75%	12,0210	0,0072	10,0111	31,9650	0,0072	0,0063	0,0028
100%	50%	11,1190	0,0096	8,2591	38,7450	0,0096	0,0085	0,0030
75%	75%	10,7317	0,0093	8,3638	38,2614	0,0093	0,0084	0,0024
50%	50%	8,5409	0,0168	6,9232	46,2430	0,0168	0,0157	0,0042

Tabela 3. Valores da Tensão equivalente e Deformações para diferentes configurações do molde (Autores,2022).

Com as análises foi observado que as deformações máximas na cavidade, fator de crucial para que as peças estejam dentro das suas dimensões, eram baixas e estavam dentro das tolerâncias para peças plásticas. Devido a isso o fator limitante para uma maior redução de material é a tensão equivalente a qual teve grande aumento. A redução da placa suporte apresentou os maiores ganhos de massa e a sua redução praticamente não afetou significativamente as deformações nos espaçadores, uma vez que essas permaneceram praticamente constantes diante da variação de espessura da placa suporte como pode ser observado na Fig. 8, porém a redução da espessura da placa suporte apresentou uma maior deformação da cavidade em relação a redução da espessura dos espaçadores.

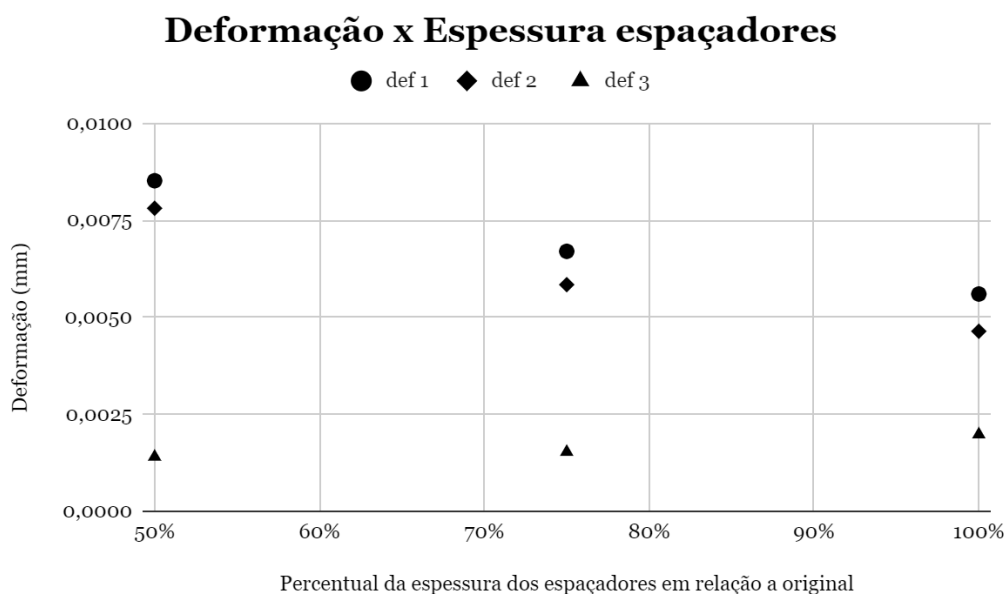


Figura 8. Gráfico Deformação x Espessura placa suporte.(Autores,2022)

Outro padrão que foi analisado é que a redução da espessura dos espaçadores se mostrou pior para a deformação da cavidade do que a redução da espessura da placa suporte, uma vez que como visto ao comparar as deformações da Fig. 8 com as da Fig. 9. Isso se deve ao fato de que ao reduzir a espessura dos espaçadores se aumenta o vão entre eles de forma que as placas tendem a fletir mais o que consequentemente aumenta a deformação nas faces da cavidade.

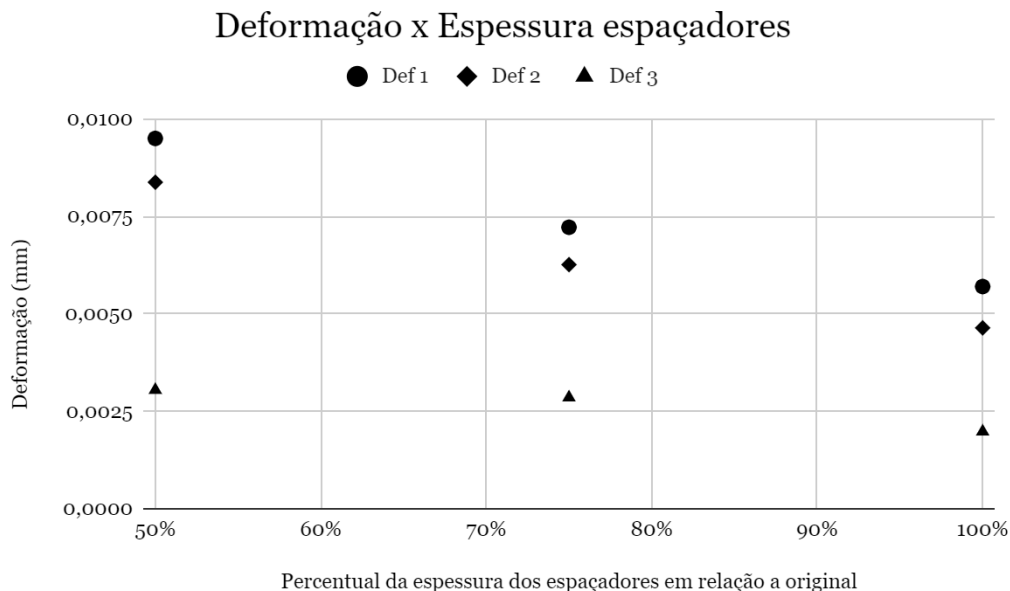


Figura 9. Gráfico Deformação x Espessura do espaçador (Autores,2022)

2.1. Conclusões

Os Moldes de injeção são ferramentas que revolucionaram o mundo moderno possibilitando a produção de peças complexas em larga escala, contudo esses têm alto custo havendo a necessidade de se propor maneiras para reduzir seus custos.

Por meio das análises CAE realizadas com os porta moldes comumente utilizados pelo mercado de injeção plástica foi possível concluir que tais dimensões geralmente estão bem além das necessárias para suportar as tensões que atuam nos moldes durante o processo de injeção sendo que em moldes menores essa diferença é ainda maior. Já nos moldes maiores, devido a falta de análises mais específicas, há o uso generalizado de elementos denominados de pilares os quais são necessários, porém em não todos os casos.

Devido a isso se conclui que reduções nas dimensões de componentes como espaçadores e placa suporte são interessantes pois representam uma redução de material e consequentemente de custos. Para apenas um molde a redução talvez não seja tão representativa mas considerando uma larga escala, como para fabricantes de porta moldes, e em moldes de maiores dimensões essas pequenas reduções podem gerar uma grande economia para toda a cadeia produtiva. Estudos futuros podem ser realizados com o intuito de melhor quantificar tais reduções.

Na sequência deste projeto serão realizadas as análises nas outras séries de moldes, além da realização de testes experimentais em moldes instrumentados com sensores de força e pressão com o objetivo de mensurar as pressões e deformações que atuam sobre o molde e determinar se essas estão de acordo com as simulações CAE realizadas.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Rota 2030 - Linha IV “Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas” e a Fundep pelo apoio financeiro ao projeto 27194.01.01- "Melhoria da competitividade das ferramentarias através de Montagem e Tryout mais eficazes de moldes de injeção".

5. REFERÊNCIAS

- Escola LF. 2022. 12 ago. 2022 <<http://www.escolalf.com.br/polimeros-conhecer-as-resinas-e-fundamental>>.
Fragoso, R. 2021.10 ações importantes para as empresas diante da pandemia; *Revista ferramental*. 28 oct. 2022.
<<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/10-acoes-importantes-para-as-empresas-diante-da-pandemia>>

- GVR - Grand View Research Injection. Molded Plastics Market Size Report, 2022. 20 oct. 2022 <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/injection-molded-plastics-market>> Acesso em: .
- Harada, J., 2008. Moldes para Injeção de Termoplásticos: projetos e princípios básicos. São Paulo: Artliber.
- Hibbeler, R. C., Resistência dos materiais I. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 7ª edição.
- IEA – Agência internacional de energia, 2019. Material efficiency in clean energy transitions. Paris, France 25 oct. 2022. <<https://www.iea.org/reports/material-efficiency-in-clean-energy-transitions>>
- Lee, H. H., 2021. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2021.
- Potch, Gerd, M. W., 2007. Injection Molding: An Introduction. Hanser, Munchen, 2ª edição.
- Rees, H., 2001. Understanding injection mold design: Hanser, Ohio, 1ª edição.
- Saeed, M., 1999. Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys. : Prentice Hall PTR. Upper Saddle River, NJ. 1ª edição.
- Santos, L. C., 2021. O futuro das ferramentarias - Dez profecias ou realidades *Revista ferramental* edição 98. 28 oct. 2022. <<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/mercado-motivo-para-crise-nas-ferramentarias/>>
- Shoemaker, J., 2006. Moldflow Design Guide - A Resource for Plastics Engineers: Hanser, Ohio, 2ª edição.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

STRUCTURAL ANALYSIS FOR PLASTIC INJECTION MOLDS

Eduardo Schuerts Schlichta

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
eduardoschlichta@gmail.com

Carlos M. Sacchelli

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
carlos.sacchelli@gmail.com

João Victor Dalla Costa Radomski

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro Tecnológico de Joinville - CTJ
joaotitoo4@gmail.com

Abstract. *The injection process of plastic components is widely used around the world by the most diverse industries due to its good repeatability, cost and speed of production. The main tool in this process are injection molds, which tend to be high-cost components due to the expensive materials they employ and their manufacturing process. Usually the injection mold is a specific product for each injected component, making it necessary for several projects and tools for each product. Thus, the main objective of this work will be to propose a reduction in the dimensions of the mold components commonly used in the industry and a standardization of their dimensions, aiming at the reduction of materials and cost reduction. For this, a simulation of the injection process will be carried out with CAE Moldflow® to obtain the initial parameters and validity of the pressure values in an instrumented mold, so that it is possible to model and establish boundary conditions in a structural CAE. Preliminary studies show that the mold components have a dimension with high safety factors, with opportunities for their reduction, maintaining their mechanical and dimensional properties, thus reducing costs and resources used.*

Keywords: *Injection molds; Computational Structural Analysis; Injection Process*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.