

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
BRUNO DE PAIVA IRINEU

MOLDAGEM DE ELASTÔMEROS EPDM: otimização do tempo de cura

Varginha
2013

BRUNO DE PAIVA IRINEU

MOLDAGEM DE ELASTÔMEROS EPDM: otimização do tempo de cura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como requisito para obtenção de graduação em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Me. Alexandre Lopes

**Varginha
2013**

BRUNO DE PAIVA IRINEU

MOLDAGEM DE ELASTÔMEROS EPDM: otimização do tempo de cura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

OBS:

Dedico esta pesquisa a meus familiares, aos colegas de curso, aos professores e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus professores, familiares, colegas de trabalho e pessoas que se envolveram direta ou indiretamente para auxiliar na conclusão deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O emprego de termofixos é muito amplo e, em todos os segmentos industriais, são utilizados em larga escala constituindo o grupo mais importante entre todos os materiais não metálicos. A cada dia os materiais sintéticos estão substituindo os materiais tradicionais como o aço, o alumínio e até mesmo o tecido e a madeira e além de serem mais econômicos, em muitos casos mantêm a eficiência mecânica de outros materiais. Visando a necessidade do aumento de produção de peças produzidas em moldes de injeção, este estudo tem o objetivo de discutir um método de ajuste dos parâmetros de injeção do composto de moldagem com a finalidade de reduzir o tempo de cura no processo de moldagem por injeção do elastômero Etileno-propileno-dieno Monômero (EPDM) com a intenção de aumentar a produtividade dos moldes de injeção em processos de produção em série. Pelo uso de um modelo linear, representações gráficas foram obtidas, ao qual foi possível prever as características do composto moldado dentro de um range de parâmetros de injeção na moldagem investigada.

Palavras-chaves: Etileno-propileno-dieno Monômero. EPDM. Molde de injeção. Modelo linear. Termofixo.

ABSTRACT

The use of thermosets is very broad and, in all industries, are used in large scale constitute the most important group among all non-metallic materials. Each day synthetic materials are replacing traditional materials such as steel, aluminum and even wood and fabric, and besides being more economical in many cases retain the mechanical efficiency of other materials. For the need of increased production of parts produced in injection molds, this study aims to discuss a method of adjusting the parameters of injection molding compound in order to reduce the healing time in the process of injection molding elastomeric ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) with the intention of increasing the productivity of injection molding processes in series production. By using a linear model graphical representations were obtained, which was possible to predict the characteristics of the molded composite within a range in injection molding parameters investigated.

Keywords: Ethylene-propylene-diene Monomer. EPDM. Injection mold. Linear model. Thermoset.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corte oblíquo em uma árvore Seringueira.....	12
Figura 2 - Linha de produtos PSA.....	15
Figura 3 – Identificação de moldagens.....	16
Figura 4 – Direção de otimização considerando variação de MT e Ip.....	21
Figura 5 – Direção de otimização considerando variação de Is e Ip.....	22
Figura 6 – Direção de otimização considerando variação de MT e ST.....	23
Figura 7 – Direção de otimização considerando variação de MT e Ip.....	24
Figura 8 – Direção de otimização considerando variação de Is e Ip.....	25
Figura 9 – Direção de otimização considerando variação de MT e ST.....	26
Figura 10 – Rede tridimensional de ligação entre moléculas.....	27
Figura 11 – Gráfico de rheometria de torque versus tempo.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de injeção	19
Tabela 2 – Combinações de parâmetros	19
Tabela 3 – Matriz de projeto.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 BORRACHA.....	12
3 APLICAÇÃO DE EPDM EM INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICAS	13
3.1 Constituição e obtenção.....	13
3.2 EPDM - Etileno-Propileno-DIeno Monômero	13
3.3 Aplicação de EPDM como guarnição de porta	13
4 PROJETO AI9X - PSA	15
4.1 Produtos para projeto AI9X.....	15
4.2 Moldagem M1 e M2 - Guarnição Canaleta Dianteira Dir/Esq AI9X.....	16
4.3 Processo de moldagem	17
4.4 Experimentos	18
4.4.1 Valores Transformados e parâmetros de valores correspondentes.....	19
4.4.2 Matriz de Compressão e alongamento.....	20
4.5 Resultado dos experimentos	21
4.5.1 Taxa de compressão - Is, ST.....	21
4.5.2 Taxa de compressão - MT, ST.....	21
4.5.3 Taxa de compressão - Ip, Is	22
4.5.4 Taxa de alongamento - Is, ST.....	23
4.5.5 Taxa de alongamento - MT, ST.....	24
4.5.6 Taxa de alongamento Ip, Is.....	25
5 VULCANIZAÇÃO	27
6 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O processo de injeção do composto de elastômero Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM) compreende uma investigação reológica do composto em um molde de injeção de borracha.

O processo de moldagem se envolve aplicar uma quantidade de elastômero não vulcanizado sob um molde de metal aquecido. O elastômero, que se torna um composto líquida por causa do pré-aquecimento, flui facilmente quando uma pressão externa é exercida, preenchendo as cavidades do molde que dão o formato desejado conforme fabricação do modelo do molde.

Aquecendo o molde a uma determinada temperatura maior que a temperatura de indução do agente de vulcanização, a borracha se cura, ou seja, suas moléculas se aglomeram e se encaixam entre si, se tornando um corpo elástico e não mais plástico e pode ser removido do molde mesmo acima da temperatura ambiente. Quando frio, o produto está pronto para uso a não ser que haja um acabamento subsequente ou processos de fabricação sejam necessários.

O tempo que cura ou vulcanização do composto dentro do molde pode variar de acordo com o agente vulcanizante ou tamanho e forma da moldagem que podem influenciar diretamente na quantidade de peças produzidas na fábrica.

Pelo uso de um modelo linear, representações gráficas foram obtidas, no qual foi possível prever as características do composto sob influencia da temperatura de vulcanização, pressão e todas as características que influenciam nos parâmetros de injeção do composto no molde para reduzir o tempo de cura de um processo de moldagem por injeção de EPDM.

2.BORRACHA

Borracha é um material de origem vegetal, dotado de propriedades elásticas excepcionais. Foi descoberto em 1773, na América do Sul, por Charles de La Condamine.

A evolução da borracha veio com a descoberta da vulcanização em 1841, por Goodyear. Pela vulcanização a borracha torna-se elástica (adição de enxofre). Em 1851, Mooney descobre o endurecimento sob a forma de ebonite.

Em seguida o produto foi melhorado pelos aceleradores de vulcanização. Em 1921, Moureau e Dufoause descobrem os antioxidantes, que irão dar resistência ao envelhecimento. As borrachas naturais apareceram mais tarde.

As plantas que fornecem a borracha são numerosas, apesar de que o produto tem sempre a mesma composição. As principais são: moráceas do México, Sul do Amazonas e das Índias Orientais e euforbiáceas; a mais importante é a *Hevea Brasiliensis*, originária do Brasil.

A borracha bruta é tirada do látex, para fabricação da borracha sintética, (EPDM) é a emulsão natural de borracha, recolhida por um corte oblíquo feito na casca da árvore como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Corte oblíquo em uma árvore Seringueira



Fonte: Alvarenga, 2008

3 APLICAÇÃO DE EPDM EM INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICAS

Os elastômeros EPDM são amplamente utilizados em indústrias automobilísticas, especialmente para fabricação de painéis, revestimentos internos para-choques vedação de portas, etc. Objetivos como redução de peso, balanço entre rigidez e tenacidade e isolamento acústico, são alguns dos principais fatores onde existe a aplicação de elastômeros em indústrias automobilísticas em geral.

3.1 Constituição e obtenção

O teor de borracha no látex é variável:

- Borracha – 31%
- Proteínas – 2%
- Açúcar – 1%
- Matérias minerais – 1%
- Água- 54%
- Resinas – 4%
- Estearatos – 1%

A massa específica do látex é 0.980 g/cm^3 .

Existem duas classes: Natural e Sintética:

Natural – produzida através da seringueira;

Sintética – produzida através da base do petróleo.

3.2 EPDM - Etileno-Propileno-Dieno Monômero

É um tipo particular do grupo de borrachas de etileno-propileno (EPR), adicionadas a um Dieno que possibilita sua vulcanização. Possui três características especiais:

- É auto vulcanizável, resultando em economia para o transformador final com a eliminação de uma etapa;
- Possui excepcional resistência às intempéries;
- Possui capacidade de absorção de cargas com negro de fumo e óleo

Existem dois tipos de Polímeros, os Termoplásticos, que são polímeros que se fundem ao serem aquecidos e que se solidificam ao serem resfriados. Eles podem ser reciclados e remoldados através da aplicação combinada da pressão e temperatura. Ex.: Nylon, PVC,

Polietileno, etc. Outro tipo de polímero são os Termorrígidos que formam ligações cruzadas ao serem aquecidos, tornando-se insolúveis e infusíveis. São materiais de difícil reciclagem após terem adquirido sua forma final. Ex.: Resinas, EPDM, etc.

3.3 Aplicação de EPDM como guarnições de porta

Atualmente, a empresa Cooper Standard Automotive Brazil (CSAB) desenvolve guarnições para atuarem em guarnições de porta e/ou acabamento superficial do veículo. Essas guarnições protegem o interior do veículo de condições climáticas intensas, barulhos do carro sob a rua ou somente mantêm o vidro dentro de seu range de trabalho ideal.

Os Químicos e Engenheiros da CSAB têm experiência nas ciências e tecnologia de vedação de porta utilizando o elastômero EPDM e utilizam novas tecnologias para combinarem componentes e criarem uma vedação de porta que atenda a múltiplos critérios de desempenho.

A aplicação de EPDM como guarnição de porta também exige experiência e conhecimento da parte técnica sobre o comportamento do elastômero nas suas etapas de processo. Uma das etapas mais importantes é o processo de moldagem, onde pelo auxílio de um molde de injeção aquecido a uma temperatura desejada, as extremidades da guarnição que se deseja unir e/ou formar são inseridas no molde e um composto de elastômero pré-aquecido é injetado na cavidade do molde para que se dê o formato na peça de acordo com a configuração e projeto do molde.

4 PROJETO AI9X – PSA

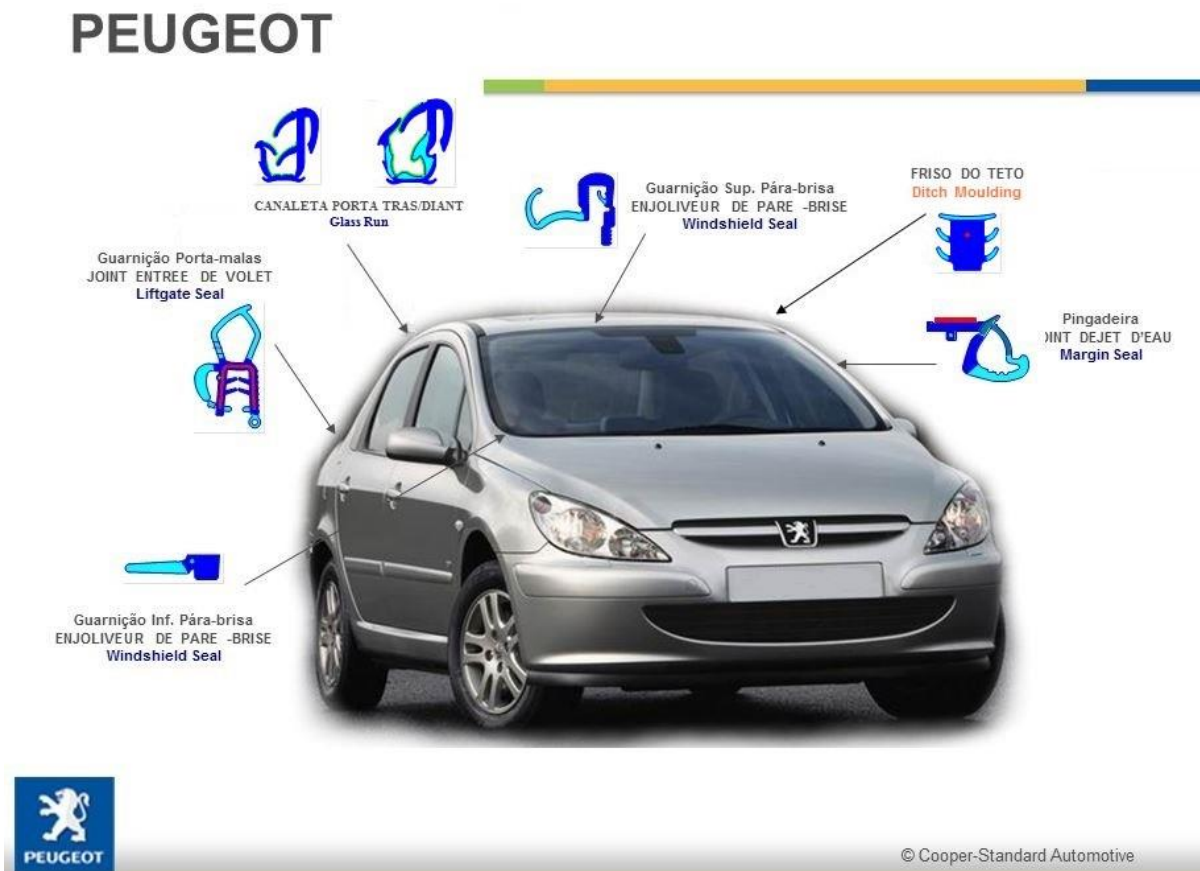
O projeto AI9X é um automóvel da marca Peugeot construída na base da plataforma PF1 que tem como guarnição de porta a aplicação do elastômero EPDM.

Para o processo de moldagem para o projeto AI9X, a CSAB trabalha na norma ICOE_LVEV08_0278 cedida pela própria PSA Peugeot-Citroën com referência MITV_CPEM10_0146 e 7, versão OR da data 20/08/2010 que visa proporcionar uma fixação forte, especialmente nas extremidades da área do sistema sobre moldagem para evitar o deslocamento da Canaleta durante solicitações e esforços aplicados.

4.1 Produtos para projeto AI9X

Na figura 02 é mostrada uma linha de produtos desenvolvidos para atender a um carro da marca PSA Peugeot-Citroën do Brasil.

Figura 02 – Linha de produtos PSA, 2010

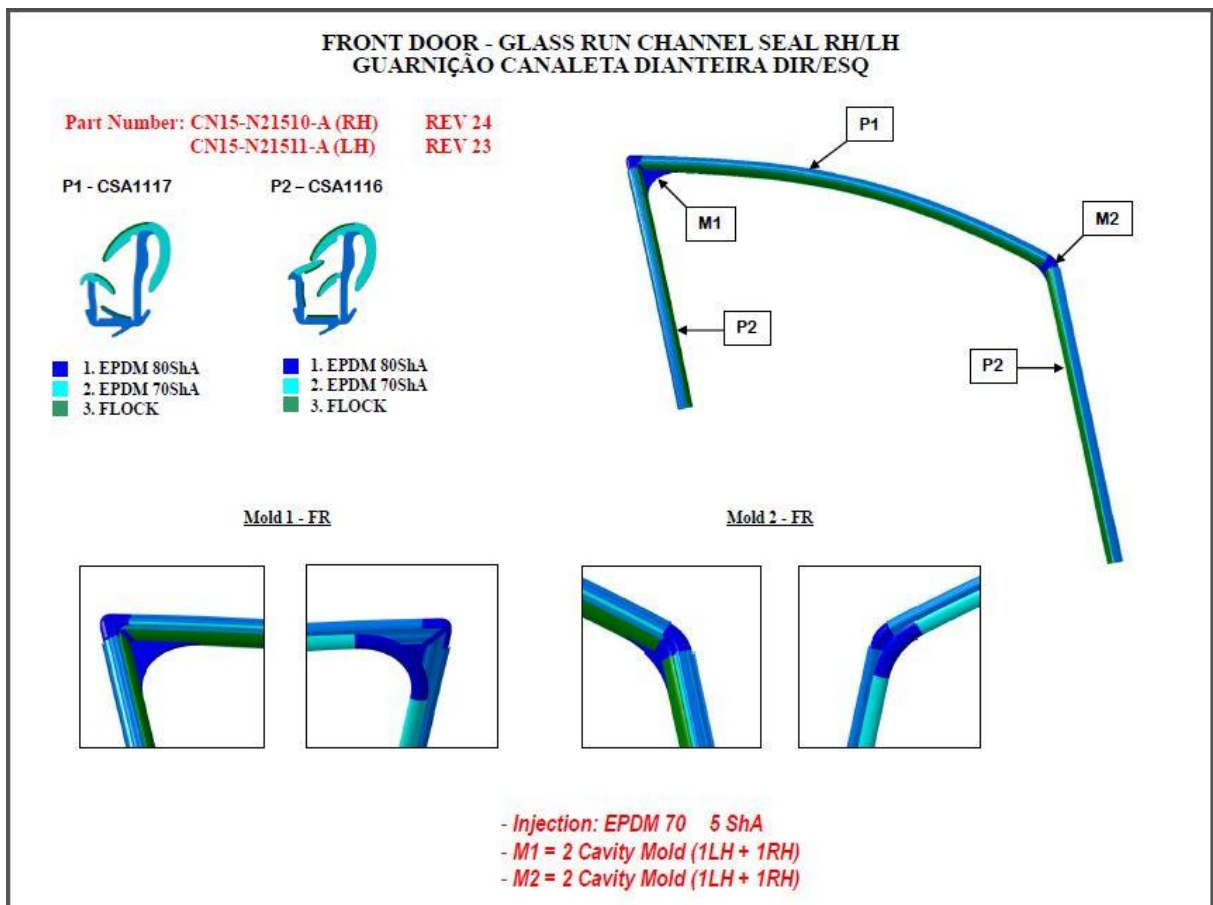


O projeto como um todo engloba a fabricação de várias guarnições, onde cada uma delas é estudada detalhadamente para que sejam produzidas dentro das normas e especificações do cliente. Tais normas nos informam como cada uma dessas peças deve comportar e quais requisitos elas devem atingir, sendo esses requisitos podendo varias desde itens de segurança até mesmo conforto do motorista.

4.2 Moldagem M1 e M2 – Guarnição Canaleta Dianteira Dir/Esq AI9X

Na figura 03 é mostrado o foco deste trabalho de estudo de melhoria do tempo de cura no processo de moldagem da guarnição de porta Canaleta Dianteira Direita Esquerda peça número CN15-N21510-A (RH) e CN15-N21511-A (LH) (APRESENTAÇÃO CSAB, 2010).

Figura 03 – Identificação de moldagens PSA, 2010



Fonte: Apresentação CSAB (2010)

4.3 Processo de moldagem

O processo de moldagem de EPDM envolve aplicar uma quantidade de composto de elastômero não vulcanizado em um molde de metal aquecido. O material, plastificado pelo pré-aquecimento escoava assim que uma pressão é aplicada, preenchendo a cavidade ou cavidades que transforma o elastômero no formato desejado. Ao aquecer o molde a temperatura apropriada acima da temperatura de indução do agente de vulcanização, a borracha se cura e suas moléculas se ligam se tornando um corpo elástico ao qual não é mais plástico e pode ser removido do molde ainda acima da temperatura ambiente. Quando resfriado, está pronto para uso a menos que um processo de acabamento ou outra operação seja desejado.

O composto em forma de fita ou pedaços é inserido na máquina injetora através de um silo que o direciona a um fuso (rosca sem fim). O fuso, que se mantém em rotação, transporta o composto até seu bico de injeção e durante seu transporte o composto vai se plastificando pela ação da alta temperatura. O molde se fecha e a unidade de injeção se move para frente, transportando todo o material que se encontrava na unidade de injeção da máquina injetora para dentro do molde.

No final da injeção, o composto é mantido pressurizado para o processo de recalque e fixação enquanto o fuso da unidade de injeção recolhe mais material que sofrerão mesmo processo de injeção. Este tempo que o material fica pressurizado dentro do molde é chamado de tempo de cura, o qual varia de composto pra composto e tamanho da moldagem.

A modelagem e sua validação foram baseadas na teoria de otimização de um projeto experimental. Esta teoria nos leva aos algoritmos para a construção de experimentos que podem ser aplicados a uma variedade de circunstâncias. No estudo presente encontramos uma região trabalhável de parâmetros de injeção. Uma vez que este range foi determinado foi possível imaginar um procedimento experimental e projetar um modelo empírico (linear) melhor descrevendo a resposta dos experimentos para os parâmetros selecionados.

A equação geral do modelo é mostrada abaixo:

$$Y_{\text{exp}} = f(P_1, P_2, P_3, \dots, P_k) + \varepsilon, \text{ onde:}$$

- Y_{exp} é a resposta dos experimentos,
- f é uma função
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_k$ são variáveis de entrada dos fatores preditos de estudo, e

- ε é um erro experimental

A verdadeira função f é desconhecida, e a série de funções de Taylor faz uma aproximação da função.

Neste estudo de efeitos de parâmetros de moldagem por injeção, quatro fatores principais são levados em consideração e seus rendimentos são funções desses quatro fatores: temperatura do molde como correspondente tempo de cura (MT em °C), pressão de injeção (Ip em bar), velocidade de injeção (Is como a % da velocidade máxima) e temperatura de estocagem (ST em °C)

Foi decidido usar um modelo linear empírico com todas as interações para modelar a resposta das características do composto moldado sob esses parâmetros, isto é.

$$Y = b_0 + b_1(MT) + b_2(Ip) + b_3(Is) + b_4(ST) + b_5(MT \cdot Ip) + b_6(MT \cdot Is) + b_7(MT \cdot ST) + b_8(Ip \cdot Is) + b_9(Ip \cdot ST) + b_{10}(Is \cdot ST) + b_{11}(MT \cdot Ip) + b_{12}(MT \cdot Ip \cdot ST) + b_{13}(MT \cdot Is \cdot ST) + b_{14}(Ip \cdot Is \cdot ST) + b_{15}(MT \cdot Ip \cdot Is \cdot ST),$$

Com 16 fatores desconhecidos. Consequentemente, 16 experimentos são necessários para determinar 16 coeficientes do modelo linear.

4.4 Experimentos

A moldagem M1 é realizada pelo processo de moldagem por injeção de do composto EPDM de dureza 70 +/- 5 Shore A.

Os experimentos têm a principal função de ajustar as configurações de injeção ao composto fabricado, para que não haja defeitos na peça como manchas brancas na pela causadas pelo excesso de adição de aceleradores (enxofre) ou pela baixa eficiência de vulcanização, fazendo com que a moldagem sem rompa facilmente nas extremidades dos perfis.

A moldagem M1 da guarnição de porta Canaleta Dianteira Direita, peça número CN15-N21510-A (RH) servirá de base para a moldagem de seu lado esquerdo, peça número CN15-N21511-A (LH) onde seus volumes de moldagens são o mesmo, já que uma é exatamente a peça espelho uma da outra.

Os valores adotados para o teste foram os seguintes conforme tabela abaixo:

Tabela 1: Parâmetros de injeção

	MT (°C)	CT (seg)	Ip (bar)	Is (%)	ST (°C)
Experimento B0	190	120	120	50	95
Experimento B1	190	120	120	50	85
Experimento B2	190	120	120	10	95
Experimento B3	190	120	120	10	85
Experimento B4	190	120	100	50	95
Experimento B5	190	120	100	50	85
Experimento B6	190	120	100	10	95
Experimento B7	190	120	100	10	85
Experimento B8	180	220	120	50	95
Experimento B9	180	220	120	50	85
Experimento B10	180	220	120	10	95
Experimento B11	180	220	120	10	85
Experimento B12	180	220	100	50	95
Experimento B13	180	220	100	50	85
Experimento B14	180	220	100	10	95
Experimento B15	180	220	100	10	85

Fonte: o autor.

4.4.1 Valores transformados e parâmetros de valores correspondentes

Tabela 2: Combinações de parâmetros

	Nível inferior (-)	Nível Superior (+)
Temperatura do Molde, °C	180	190
Tempo de cura, segundos	220	120
Pressão de injeção, bar	100	120
Velocidade de injeção, % veloc. Máx.	10	50
Temperatura de estocagem, °C	85	95

Fonte: o autor.

4.4.2 Matriz de Compressão e Alongamento

As respostas para os experimentos B0-15 podem ser vistas na coluna Yc (taxa de compressão) e Ye (taxa de alongamento) da tabela abaixo.

A computação dos coeficientes do modelo linear pelo uso da Matriz de Hadamard foi executada de acordo com a teoria descrita.

Tabela 3: Matriz de projeto

MT	CT	Ip	Is	ST	Yc	Ye
+	+	+	+	+	11.3	234
+	+	+	+	-	11.6	237
+	+	+	-	+	13.2	236
+	+	+	-	-	13.8	246
+	+	-	+	+	13.4	249
+	+	-	+	-	13.8	250
+	+	-	-	+	14.4	252
+	+	-	-	-	14.6	257
-	-	+	+	+	15.3	265
-	-	+	+	-	15.6	270
-	-	+	-	+	16.0	273
-	-	+	-	-	16.3	279
-	-	-	+	+	16.1	272
-	-	-	+	-	16.2	276
-	-	-	-	+	17.0	274
-	-	-	-	-	17.4	295

Fonte: o autor.

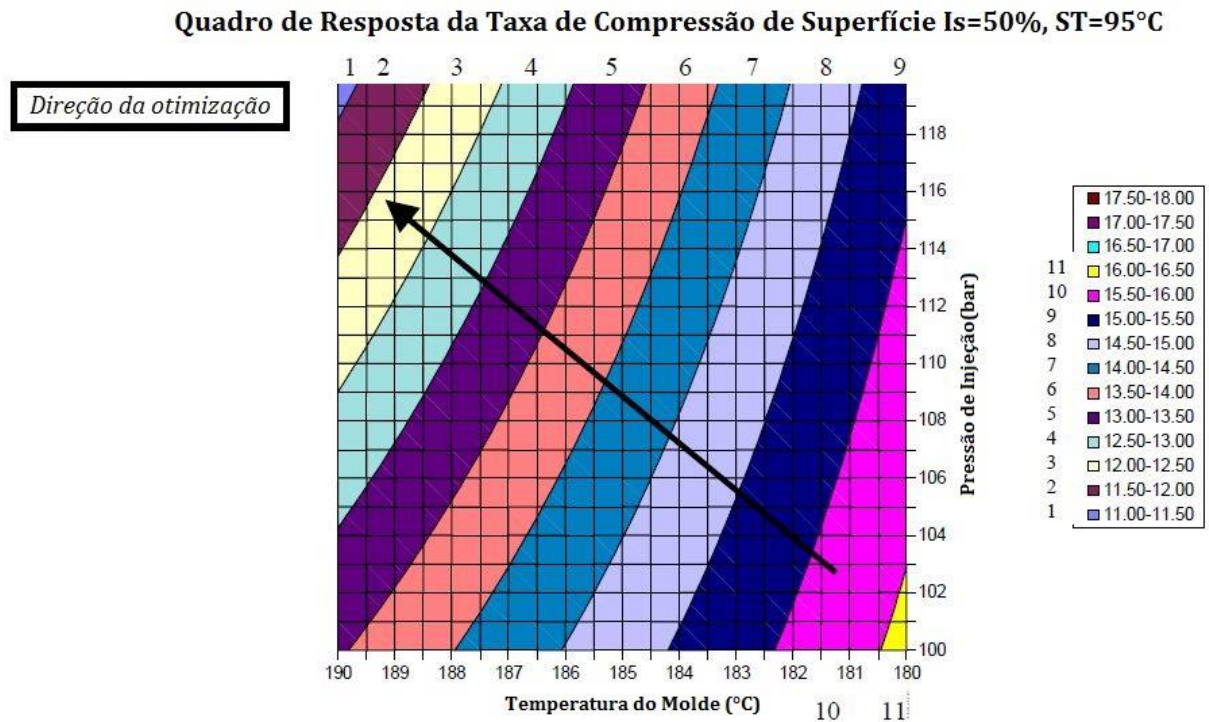
4.5 Resultados dos experimentos

As observações e conclusões seguintes têm origem das respostas dos modelos lineares acima

4.5.1 Taxa de compressão – Is, ST

Quanto menor a taxa de compressão, mais desejáveis são os resultados.

Figura 04 – Direção da otimização considerando os efeitos de variação de temperatura do molde e pressão de injeção

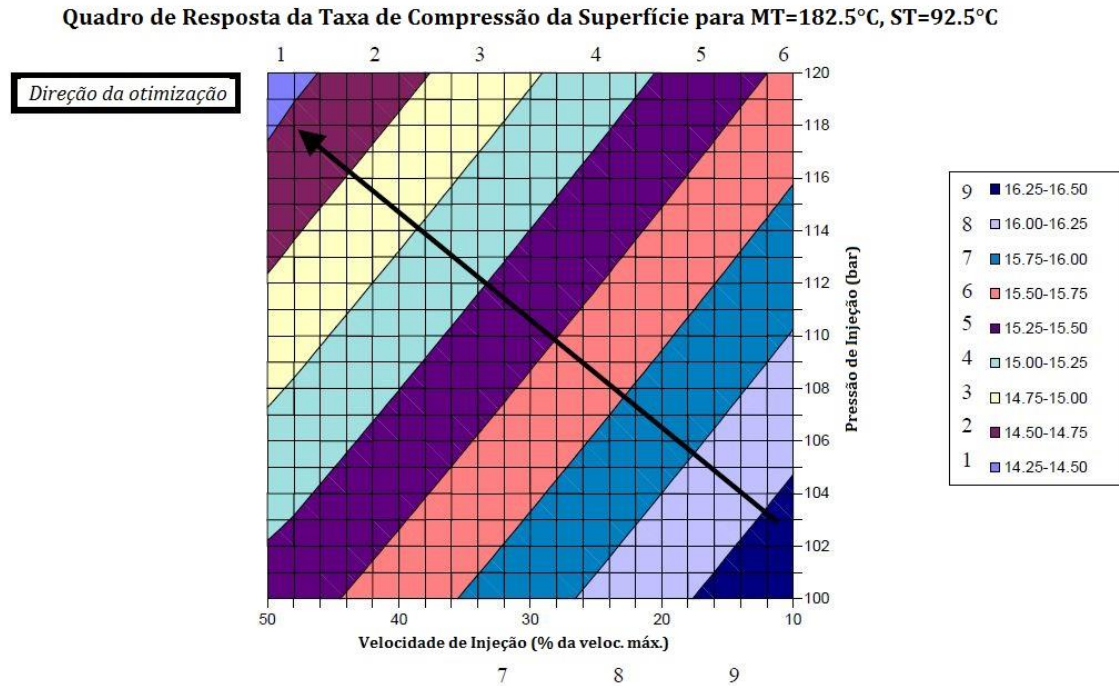


Fonte: Autodesk, 2010

4.5.2 Taxa de compressão – MT, ST

Quanto menor a taxa de compressão, mais desejáveis são os resultados.

Figura 05 – Direção da otimização considerando os efeitos de variação da velocidade de injeção e pressão de injeção



Fonte: Autodesk, 2010

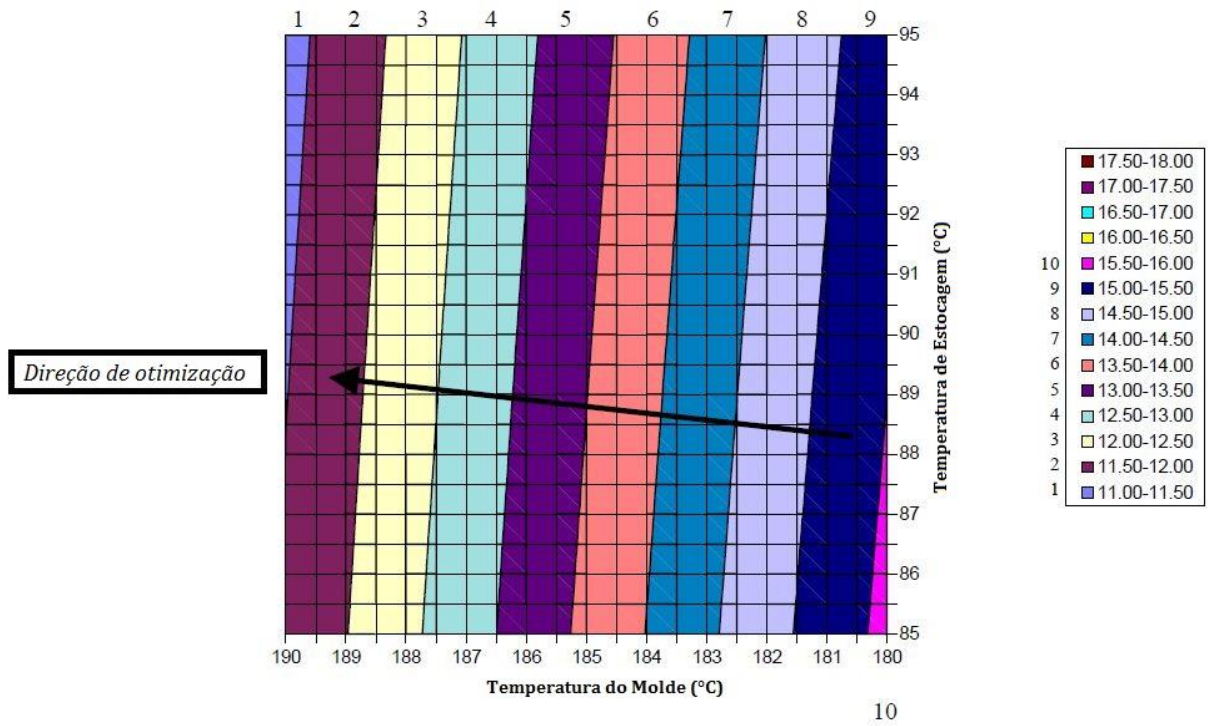
4.5.3 Taxa de compressão – I_p , I_s

A direção de otimização na figura 9 mostra que a temperatura de estocagem tem um efeito de compressão de beneficiamento, porém pequeno quando comparado ao efeito da temperatura do molde.

Quanto menor a taxa de compressão, mais desejáveis são os resultados.

Figura 06 – Direção da otimização considerando os efeitos de variação de temperatura do molde e temperatura de estocagem.

Quadro de Resposta da Taxa de Compressão da Superfície para $I_p=120\text{bar}$, $I_s=50\%$



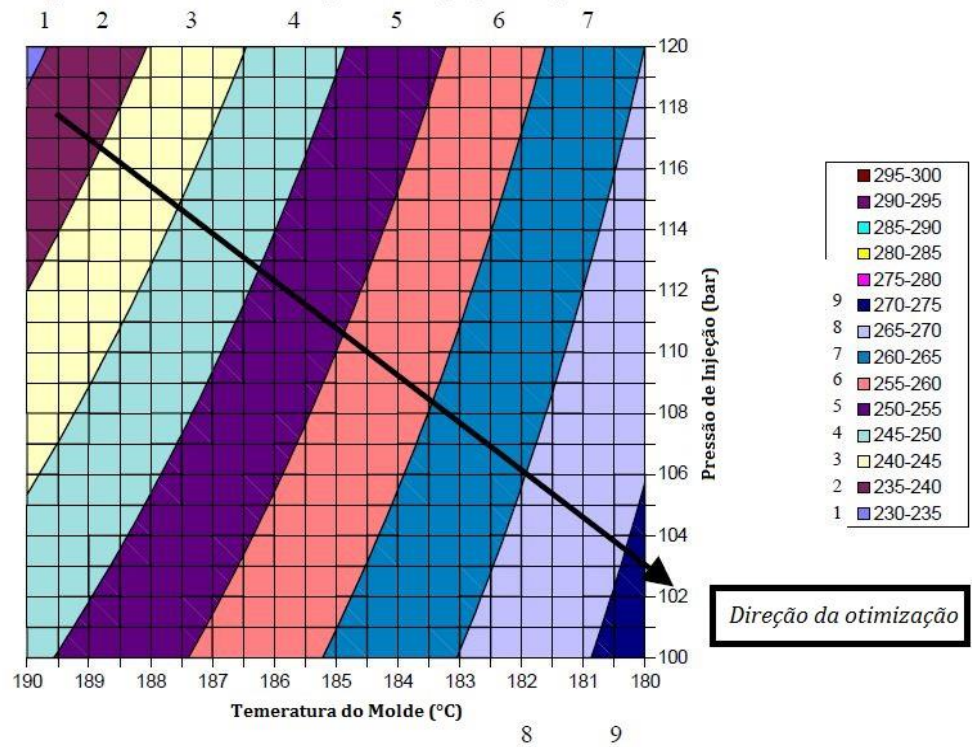
Fonte: Autodesk, 2010

4.5.4 Taxa de alongamento – I_s , ST

Quanto maior a taxa de alongamento, mais desejáveis são os resultados.

Figura 07 – Direção da otimização considerando os efeitos de variação de temperatura do molde e pressão de injeção

Quadro de Resposta da Taxa de Alongamento (%) de Superfície Is=50%, ST=95°C



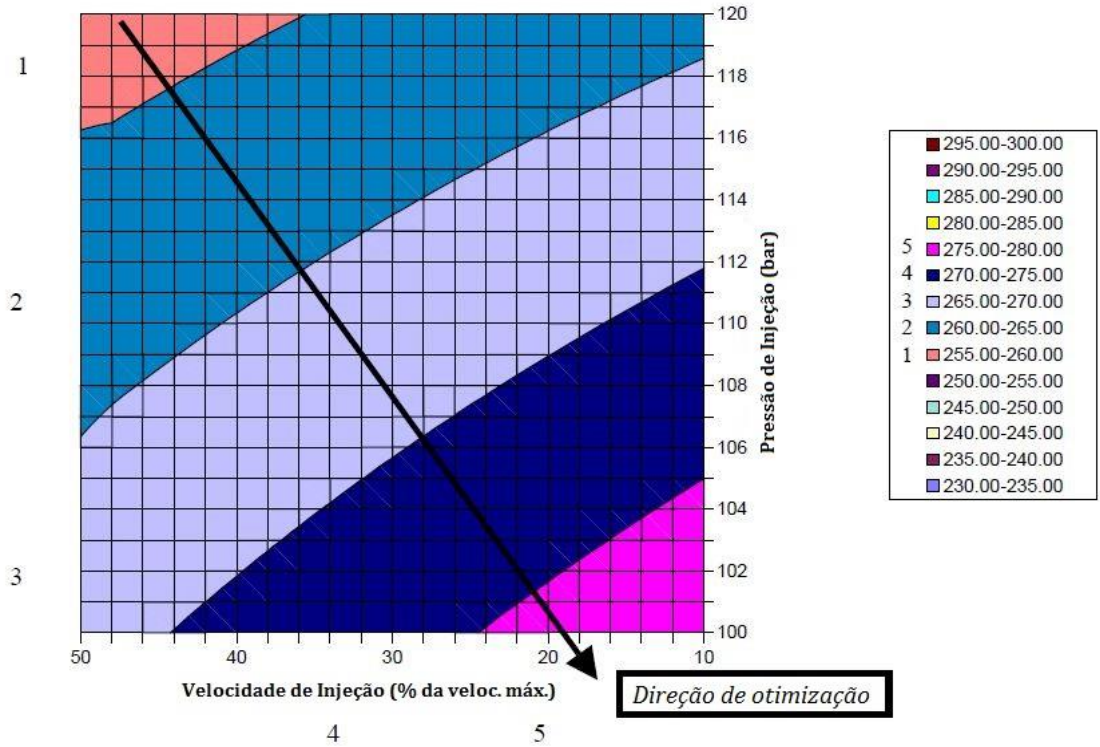
Fonte: Autodesk, 2010

4.5.5 Taxa de alongamento – MT, ST

Quanto maior a taxa de alongamento, mais desejáveis são os resultados.

Figura 08 – Direção da otimização considerando os efeitos de variação da velocidade de injeção e pressão de injeção.

Quadro de Resposta da Taxa de Alongamento da Superfície para MT=182.5°C, ST=92.5°C



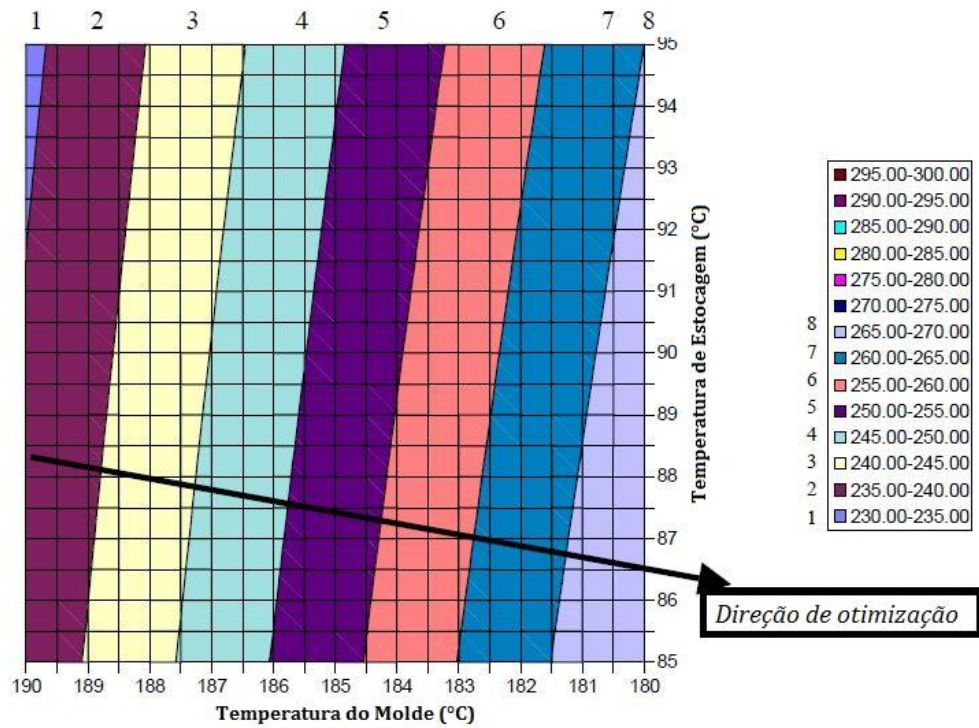
Fonte: Autodesk, 2010

4.5.6 Taxa de alongamento – Ip, Is

Quanto maior a taxa de alongamento, mais desejáveis são os resultados.

Figura 09 – Direção da otimização considerando os efeitos de temperatura do molde e temperatura de estocagem

Quadro de Resposta da Taxa de Alongamento da Superfície para $I_p=120\text{bar}$, $I_s=50\%$

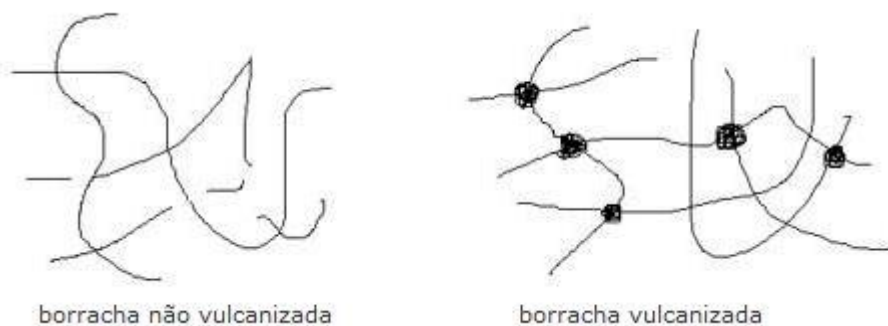


Fonte: Autodesk, 2010

5 VULCANIZAÇÃO

Segundo Hofmann (1989) vulcanização é um processo de reticulação pelo qual a estrutura química da borracha, matéria-prima, é alterada pela conversão das moléculas do polímero independente, numa rede tridimensional onde ficam ligadas entre si. A vulcanização converte um emaranhamento viscoso de moléculas com longa cadeia numa rede elástica tridimensional, unindo quimicamente (reticulação) estas moléculas em vários pontos ao longo da cadeia.

Figura 10 – Rede tridimensional de ligação entre moléculas



Fonte: HOFMANN W., Manual da tecnologia da borracha, 1989

A borracha é conduzida a um estado no qual as propriedades elásticas são conferidas ou restabelecidas ou melhoradas numa gama grande de temperaturas. Este processo é por vezes aplicado para a obtenção de produtos rígidos (ebonite) usando 25 a 40 phr de enxofre.

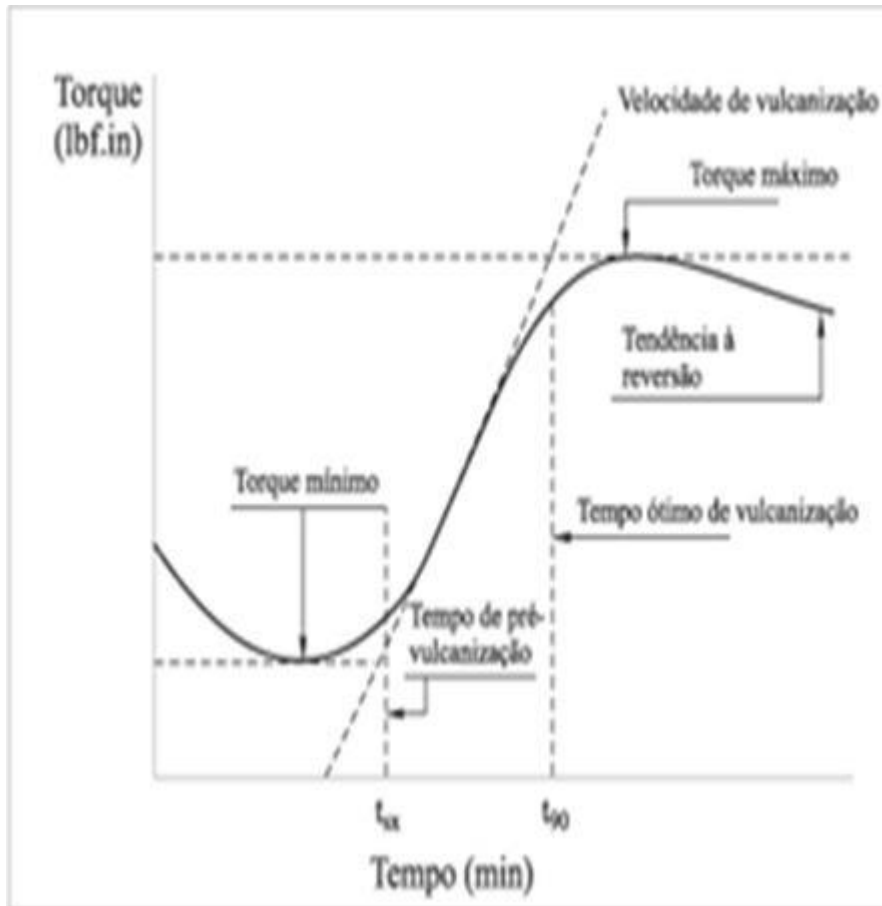
No processo de moldagem por injeção, conseguimos idealizar o tempo, temperatura e pressão pelo modelo matemático apresentado para que haja uma reação química com a borracha de ligação.

Com a aplicação do modelo matemático apresentado, podemos definir qual a configuração de injeção mais adequada para o moldagem que atenda o volume de moldagem requisitado. A otimização do tempo se dá pelo menor tempo útil para se que haja a vulcanização completa da moldagem somente utilizando as variáveis fornecidas pelo painel de ajuste da prensa hidráulica.

O aperfeiçoamento desse tempo de cura e aumento da produtividade pode ser acompanhada pelos equipamentos de qualidade que nos indicam com precisão o tempo que cada ciclo de moldagem leva e/ou se não existe repetibilidade nos tempos de cada ciclo de injeção. O reômetro é um dos equipamentos que podemos fazer o acompanhamento do

tempo de vulcanização do composto como também o torque máximo (patamar) do composto moldado.

Figura 11 – Gráfico de rheometria de torque versus tempo



Fonte: Treinamento Mixing CSAB, 2010

O modelo matemático que trabalhamos pode ser identificado no gráfico como o estágio que situa na linha tracejada perpendicularmente entre o início do tempo de vulcanização e seu final.

A aproximação desses dois eixos verticais mantendo a ordem de grandeza que é fornecida como norma pela montadora dos dois eixos horizontais que nos indicam o torque máximo e mínimo do composto moldado, é a otimização do processo de redução do tempo de cura de um processo de moldagem.

6 CONCLUSÃO

A alta demanda de leveza e baixo custo nos processos produtivos vêm sendo um dos principais motivos de se produzir componentes complexos pelo auxílio do processo de moldagem. Para tanto, os maquinários precisam ser adequados para acompanharem a demanda de serviço e peças que precisam produzir.

Notamos que para o processo de moldagem de um par de Guarnições de porta Canaleta Dianteira Direita e Esquerda, foi desenvolvido um estudo baseado em softwares e modelos matemáticos para a otimização dos parâmetros de injeção, sem a necessidade de se alterar a química do composto de injeção.

O processo de vulcanização, por si só, já depende de um tempo de cura para que suas moléculas se reorganizem após a alta temperatura e pressão que é exercida sobre a mesma, porém também podemos interferir para ajudar a reduzir o tempo de vulcanização.

Encontrando o ponto de otimização entre a taxa de variação da temperatura em função do tempo para as dadas temperaturas de plastificação do composto e velocidade de injeção para que o material não se vulcanize antes de se completar a cavidade de moldagem nem muito após a completar a cavidade do molde encontramos, no final dos testes, uma redução de tempo total de moldagem de 35,70 segundos para 29,25 segundos obedecendo aos padrões de testes e a normas de referência 01939_10_00060 – Especificações técnicas para Estanqueidade de Portas do Projeto AI9X da empresa PSA PEUGOT CITROËN e de acordo com as normas de Métodos de Testes Padrão para Propriedades da Borracha ASTM D 2084 e ASTM D 5289; uma redução de aproximadamente 18%.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A.P. **Seringueira**. Minas Gerais: Epamig, 2008.

AUTODESK. **Moldflow simulation**. 2010. (software).

BRIELS, W. J. **Teoria dos Polímeros Dinamicos**, Enschede, Outubro 1998.

EBEWELE, R. **Tecnologia e Ciência dos Polímeros**. Nigeria: Universidade de Benin, Benin, 1996.

HOFMANN W. **Manual da Tecnologia da Borracha**. Nova York: Hanser, 1989.

LEITE, V. **Curso básico de tecnologia da borracha**. Varginha: Cooper Standard, 2008. (Powerpoint - treinamento).

MORTON, M. **Tecnologia da Borracha**, 2. Ed. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

MSC. Marc **Mentat**. 2010. (software).

DASSAULT SYSTÈMES. **SolidWorks**, 2010. (software).

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES ETANCHÉITÉ LOT PORTES, CAISSE, VOLET AI9X: Do Cinfo:01939_10_00060. PSA PEUGEOT CITROËN, 2010. v.3.

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES GUIDE COULISSE AI9X. Valable pour consultaion, MITV_CPEM10_0144. PSA PEUGEOT CITROËN, 2009.