



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



APLICAÇÃO DO TERMOPAR NA INDÚSTRIA DE PNEUS

Carlos Alberto Peleteiro Filho
carlosapfilho@hotmail.com
AEDB

Wiliam de Oliveira Fortes
wilian_wof@hotmail.com
AEDB

Leonardo Vidal
leonardo.carvalho.vidal@hotmail.com
AEDB

Resumo: Cada vez mais a competitividade e o mercado globalizado obrigam as empresas a buscar maneiras de aumentar sua produtividade. Neste contexto, torna-se fundamental para qualquer organização implementar ferramentas que possibilitem o controle e aperfeiçoamento dos seus processos. Este artigo tem a proposta de evidenciar a aplicação do método termopar na determinação de tempos equivalentes de vulcanização na fabricação de pneus. Pretende-se mostrar que este método é o mais adequado para esta etapa do processo de fabricação deste tipo de artefato.

Palavras Chave: Termopar - Vulcanização - Pneus - -

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as empresas buscam processos mais lineares e métodos que conduzam ganhos de produção e redução de custos, com este fim uma empresa fabricante de pneus busca controlar sua produção por meio de técnicas aplicadas em seu processo. O processo produtivo deste tipo de indústria é bem complexo. Vai desde a preparação da borracha até a produção de itens para compor o produto final. Este processo é controlado e ocorre de acordo com as especificações técnica e procedimentos pré- determinados. O objetivo é garantir aspectos como segurança uniformidade de peso e geometria, simetria, grau de vulcanização, repetitividade do processo e rastreabilidade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O processo (referencial da empresa)

Simplificando o processo de produção para um melhor entendimento serão apresentadas as principais etapas para a fabricação de pneus.

a) Preparação dos semiacabados.

Processamento e preparação das gomas, napas têxteis e napas metálicas que farão parte da composição dos pneus. Neste processo, os produtos semiacabados são condicionados em Cassetes, que são estruturas metálicas onde os produtos são enrolados e enviados ao setor de Montagem.

b) Montagem do pneu.

Consiste no empilhamento dos produtos semiacabados, até que tomem a forma de bandagens. O processo consiste em duas etapas: confecção e acabamento.

Neste processo, as duas etapas são feitas separadas, embora simultaneamente. Um lado da máquina efetua a confecção, enquanto o outro faz o acabamento. Ao final do processo, eles se unem, formando a bandagem.



Figura 1: Pneu em verde (bandagem antes da vulcanização)

Fonte: Referencial da empresa

c) Cozimento.

O cozimento é realizado em prensas, que são cavidades onde as bandagens são colocadas e moldadas com o auxílio de membranas de borracha infladas com ar comprimido à alta temperatura. Após o cozimento do pneu, ele já se encontra em sua forma final, não havendo mais nenhuma alteração em sua estrutura.

d) Verificação.

Processo de Verificação da Conformidade dos pneus em relação aos critérios de qualidade requisitados.

2.1.2 Prensas de vulcanização

Transformam as bandagens em pneus através da vulcanização e moldagem das gomas. Seguindo uma lei de cozimento pré-estabelecida.



Figura 2: Fluxo da transformação da bandagem em pneu.

Fonte: Referencial da empresa

2.1.3 Moldes

Dentro de cada prensa, temos o molde que tem as seguintes funções:

- a. Função Geométrica: Moldagem dos perfis dos pneus;
- b. Função calórica: Vulcanização da borracha;
- c. Função mecânica: Resistência as pressões implementadas.

2.1.4 Membrana de vulcanização

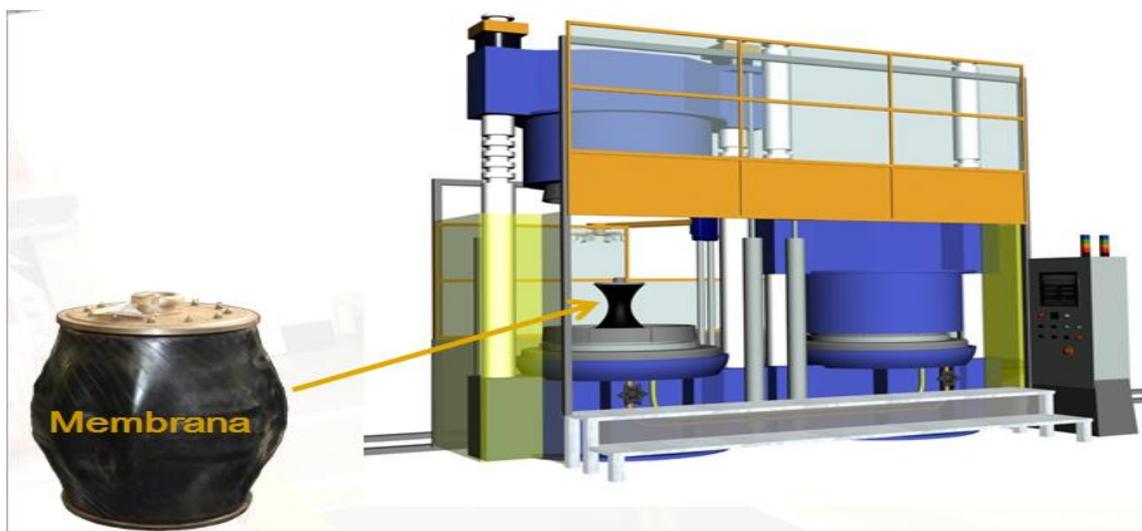


Figura 3: Membrana instalada na prensa de vulcanização.

Fonte: Referencial da empresa

Responsável pela moldagem interna do pneu, a membrana recebe em seu interior vapor e posteriormente nitrogênio que irão gerar a pressão e temperatura necessário para realização do cozimento.

A membrana tem três principais finalidades:

- a) Transferir para a bandagem à vulcanizar, a pressão que existe no seu interior.
- b) Comprimir a bandagem contra as paredes do molde.
- c) Transferir, por condução, o calor latente dos fluidos quentes que se encontram, sob pressão, no seu interior.

Existem diversos tipos de membranas. O tipo e dimensões a utilizar são em função do tipo de prensa onde vai ser instalada e das dimensões e geometria do pneu a vulcanizar.



Figura 4: Alguns tipos de membranas e tipos de superfícies.

Fonte: Referencial da empresa

2.2 Objetivo do trabalho

Este artigo tem por objetivo, evidenciar a utilização do método do termopar no processo de vulcanização de pneus.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 VULCANIZAÇÃO

É o processo de transformação do material de estado plástico (viscoso) em elástico.

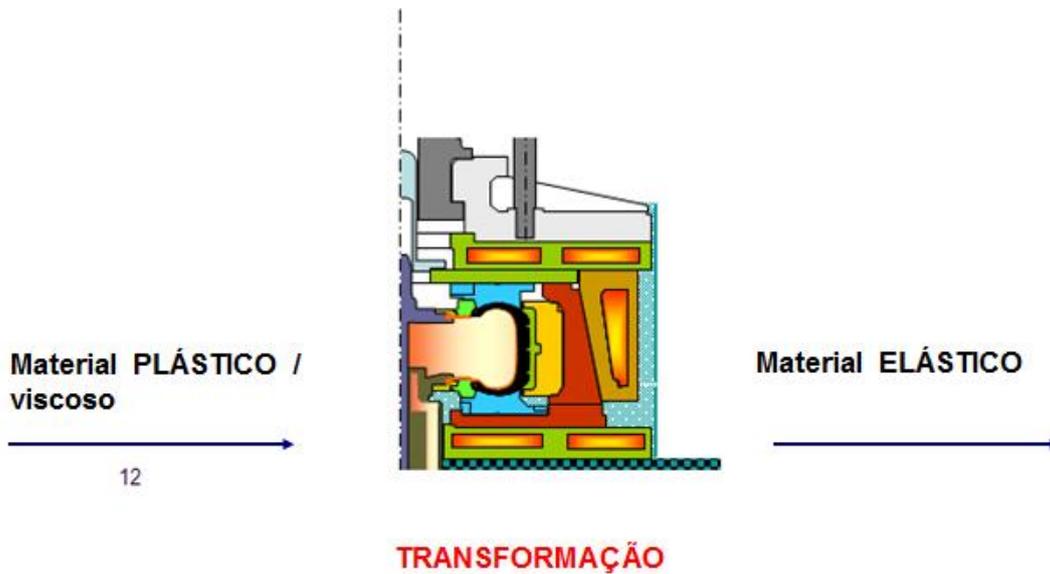


Figura 5: Processo de vulcanização.

Fonte: Referencial da empresa

Segundo ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) desde a origem dos pneus, a vulcanização se mostrou como um dos processos mais importantes de sua fabricação. Tem à funação de dar consistencia a borracha, quando a bandagem é colocada em uma prensa sob determinada temperatura, pressão e tempo. Em razão da garantia que oferece às propriedades físicas da borracha, esse processo é totalmente monitorado por meio de dispositivos interligados a softwares, que registram a temperatura, pressão e tempo. No caso de divergencia entre esses registros e as especificações técnicas o pneu é refugado.

3.2 TERMOPAR

Termopares são sensores de temperatura constituídos de dois metais distintos que unidos por sua extremidade formam um circuito fechado que gera uma força eletromotriz (FEM). São muito utilizados em variados processos por serem considerados de fácil aplicação e terem um custo reduzido. Existem diversos tipos disponíveis no mercado e a escolha de qual sensor a ser utilizado dependerá da aplicação desejada, levando-se em consideração as temperaturas a serem suportadas, a exatidão e confiabilidade das leituras.

4 ASPECTOS TÉCNICOS DA VULCANIZAÇÃO DOS PNEUS

Parâmetros de cozimento:

- Temperatura: Permite as reações de vulcanização.
- Pressão: Responsável pela moldagem, pela coesão dos produtos nas interfaces. Além disso elimina o ar auxiliando uma boa penetração da goma com os produtos metálicos.
- Tempo: Necessário para que os efeitos da temperatura e da pressão atendam a sua eficácia.

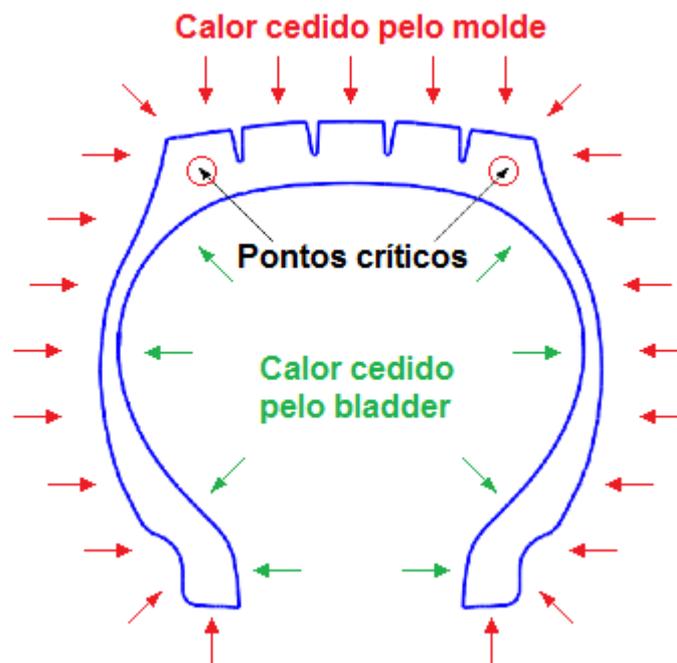


Figura 6 : Seção de um pneu, pontos críticos de vulcanização e transferência de calor.

Fonte: Referencial da empresa

A qualidade e o desempenho do pneu estão diretamente ligados ao tempo de vulcanização.

5 MÉTODO DO TERMOPAR

Sua aplicação se iniciou nos anos 50, onde ainda não existiam os meios para tratamento dos dados obtidos. Hoje os softwares existentes no mercado permitem o registro e tratamento de toda a informação obtida, o que possibilita o aperfeiçoamento deste processo.

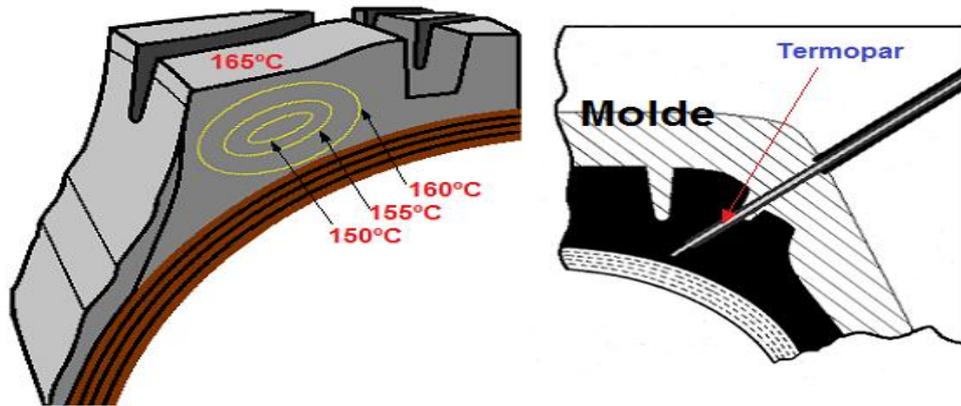


Figura 7: Distribuição típica de temperatura na zona do ombro de um pneu e inserção de um termopar no conjunto molde/pneu

Fonte: Referencial da empresa

A figura acima mostra um distribuição de temperaturas na zona do ombro de um pneu e também a colocação de um termopar no molde/pneu, com o objetivo de determinar a evolução da temperatura no processo de vulcanização.

Ja a figura 7 evidencia os pontos do pneu onde normalmente são inseridos os termopares. Os mais utilizados são do tipo J, ou seja, termopares ferro/constantan.

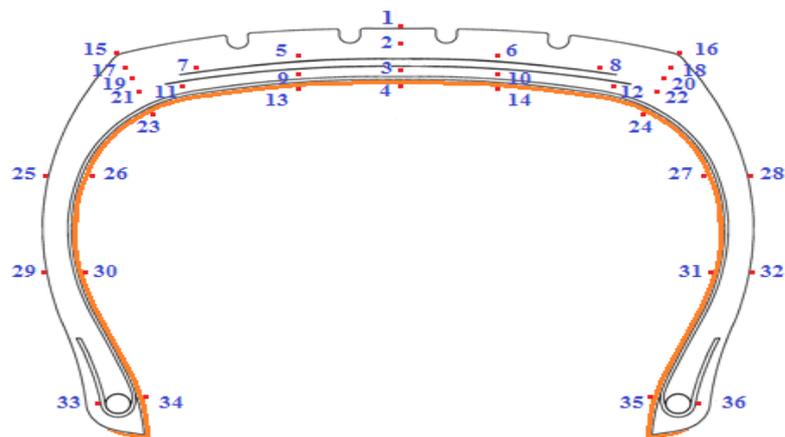


Figura 8 – Localizações normalmente utilizadas no pneu para inserção de termopares

Fonte: Referencial da empresa

A figura 8 mostra o esquema do circuito utilizado para a medição do sinal enviado para o termopar em milivolts

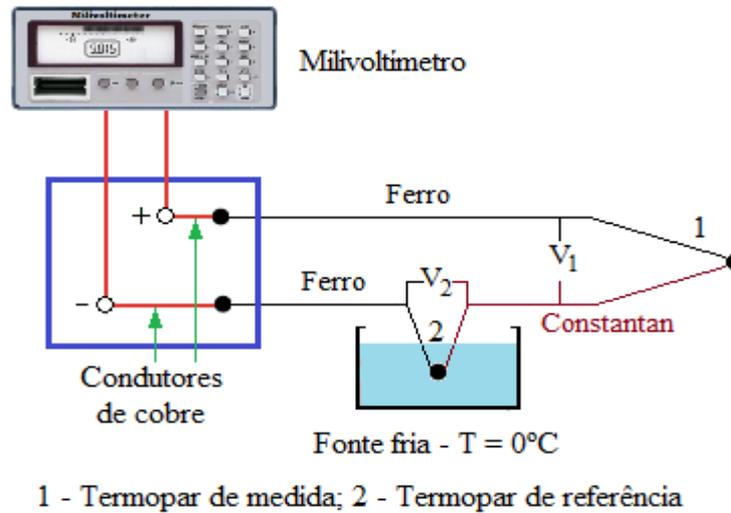


Figura 9: circuito basico para leitura do sinal fornecido pelo tremopar.

Fonte: Referencial da empresa

Para temperaturas compreendidas entre 0°C e 249°C, são indicadas as tensões (em milivolt) que aparecem na figura 9 para termopares tipo J (Ferro/Constantan). O Constantan é uma liga com 45% de níquel e 55% de cobre.

Quadro 37 – Tensão em milivolt para termopares tipo J (Ferro/Constantan)										
Temperatura, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Tensão, em Milivolt									
0	0,000	0,050	0,101	0,151	0,202	0,253	0,303	0,354	0,405	0,456
10	0,507	0,558	0,609	0,660	0,711	0,762	0,814	0,865	0,918	0,968
20	1,019	1,071	1,122	1,174	1,226	1,277	1,329	1,381	1,433	1,485
30	1,534	1,589	1,641	1,693	1,745	1,797	1,849	1,902	1,954	2,006
40	2,059	2,111	2,164	2,216	2,269	2,322	2,374	2,427	2,480	2,532
50	2,585	2,638	2,691	2,744	2,797	2,850	2,903	2,956	3,009	3,062
60	3,116	3,169	3,222	3,275	3,329	3,382	3,436	3,489	3,543	3,596
70	3,650	3,703	3,757	3,810	3,864	3,918	3,971	4,025	4,079	4,133
80	4,187	4,240	4,294	4,348	4,402	4,456	4,510	4,564	4,618	4,672
90	4,726	4,781	4,835	4,889	4,943	4,997	5,052	5,106	5,160	5,215
100	5,269	5,323	5,378	5,432	5,487	5,541	5,595	5,650	5,705	5,759
110	5,814	5,868	5,923	5,977	6,032	6,087	6,141	6,196	6,251	6,306
120	6,360	6,415	6,470	6,525	6,579	6,634	6,689	6,744	6,799	6,854
130	6,909	6,964	7,019	7,074	7,129	7,184	7,239	7,294	7,349	7,404
140	7,459	7,514	7,569	7,624	7,679	7,734	7,789	7,844	7,900	7,955
150	8,010	8,065	8,120	8,175	8,231	8,286	8,341	8,396	8,452	8,507
160	8,562	8,618	8,673	8,728	8,783	8,839	8,894	8,949	9,005	9,060
170	9,115	9,171	9,226	9,282	9,337	9,392	9,448	9,503	9,559	9,614
180	9,669	9,725	9,780	9,836	9,891	9,947	10,002	10,057	10,113	10,168
190	10,224	10,279	10,335	10,390	10,446	10,501	10,557	10,612	10,668	10,723
200	10,779	10,834	10,890	10,945	11,001	11,056	11,112	11,167	11,223	11,278
210	11,334	11,389	11,445	11,501	11,556	11,612	11,667	11,723	11,778	11,834
220	11,889	11,945	12,000	12,056	12,111	12,167	12,222	12,278	12,334	12,389
230	12,445	12,500	12,556	12,611	12,667	12,722	12,778	12,833	12,889	12,944
240	13,000	13,056	13,111	13,167	13,222	13,278	13,333	13,389	13,444	13,500

Figura 10: Tensão milivolts para termopares tipo j.

Fonte: Referencial da empresa

A utilização de termopares para a verificação da evolução da temperatura num ciclo de vulcanização é também aplicada para se analisar os fenómenos térmicos que ocorrem na superfície do molde.

5.1 Termopares de interface

Servem para estudo de qualificação térmica da prensa e de qualquer evolução em relação com a troca de calor. Os resultados desses estudos permitem definir as durações de cada fase do cozimento.

5.2 Termopares internos

Servem para definição da lei de cozimento de cada dimensão. É o estudo feito para conhecer a evolução de temperatura no interior de um pneu, para caracterizar os estados de cozimento dos diferentes materiais em relação à prensa, à membrana, e ao posicionamento de cada produto.

6 FATORES PARA A DETERMINAÇÃO DE TEMPO DE VULCANIZAÇÃO

Quadro 36 - Factores para determinação de tempos equivalentes de vulcanização

°C	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
100	0,0465	0,0484	0,0503	0,0524	0,0545	0,0567	0,0589	0,0613	0,0637	0,0662
105	0,0689	0,0716	0,0744	0,0773	0,0803	0,0835	0,0867	0,0901	0,0936	0,0972
110	0,1009	0,1048	0,1088	0,1130	0,1173	0,1218	0,1264	0,1311	0,1361	0,1412
115	0,1465	0,1520	0,1577	0,1635	0,1696	0,1759	0,1824	0,1891	0,1960	0,2032
120	0,2106	0,2183	0,2262	0,2344	0,2429	0,2517	0,2607	0,2701	0,2798	0,2898
125	0,3001	0,3107	0,3217	0,3331	0,3449	0,3570	0,3695	0,3824	0,3958	0,4096
130	0,4238	0,4384	0,4536	0,4692	0,4854	0,5020	0,5192	0,5369	0,5551	0,574
135	0,5934	0,6135	0,6341	0,6554	0,6774	0,7001	0,7234	0,7475	0,7723	0,7979
140	0,8242	0,8514	0,8793	0,9082	0,9379	0,9665	1,0000	1,0325	1,0659	1,1003
145	1,1358	1,1723	1,2099	1,2486	1,2885	1,3295	1,3718	1,4152	1,4600	1,5060
150	1,5534	1,6021	1,6523	1,7039	1,7570	1,8116	1,8678	1,9256	1,9850	2,0462
155	2,1090	2,1737	2,2401	2,3084	2,3787	2,4509	2,5251	2,6014	2,6798	2,7604
160	2,8432	2,9283	3,0158	3,1056	3,1979	3,2928	3,3902	3,4903	3,5930	3,6986
165	3,8070	3,9183	4,0327	4,1500	4,2706	4,3943	4,5213	4,6517	4,7856	4,9230
170	5,0640	5,2087	5,3572	5,5096	5,6660	5,8264	5,9911	6,1599	6,3332	6,5109
175	6,6932	6,8802	7,0719	7,2686	7,4703	7,6771	7,8892	8,1066	8,3295	8,5580
180	8,7923	9,0325	9,2786	9,5309	9,7895	10,0545	10,3261	10,6044	10,8896	11,1818
185	11,4811	11,7878	12,1020	12,4239	12,7536	13,0913	13,4372	13,7914	14,1542	14,5257
190	14,9061	15,2956	15,6945	16,1028	16,5209	16,9488	17,3869	17,8354	18,2944	18,7643
195	19,2451	19,7372	20,2408	20,7561	21,2834	21,8230	22,3750	22,9398	23,5176	24,1087
200	24,7133	25,3318	25,9644	26,6114	27,2731	27,9498	28,6419	29,3496	30,0732	30,8131

Figura 11: Fatores de determinação de tempos de vulcanização

Fonte: Referencial da empresa

Abaixo seguem exemplos retirados do site (<http://ctborracha.com>):

Exemplo 1

Uma vulcanização de 15 minutos a uma temperatura de 143°C é equivalente a uma vulcanização de $15/0,2106 = 71,23$ minutos a 120°C.

Exemplo 2

Uma vulcanização de 35 minutos a uma temperatura de 143°C é equivalente a uma vulcanização de $35/10,8896 = 3,21$ minutos a 184°C.

Exemplo 3

Uma vulcanização de 85 minutos a uma temperatura de 114°C é equivalente a uma vulcanização de $85 \times 0,1361 / 6,6932 = 1,73$ minutos a 175°C. A primeira parte do cálculo (de $85 \times 0,1361$) corresponde à determinação do tempo equivalente à vulcanização a uma temperatura de 143°C; ao dividir pelo factor correspondente a 175°C (6,6932), obtemos o tempo de vulcanização correspondente a esta temperatura.

7 CONCLUSÃO

Com desenvolvimento de varias técnicas de análise e do aperfeiçoamento de tipos de equipamentos, com destaque para os sensores capazes de captar os dados de forma mais aguçada e softwares capazes de tratar os dados obtidos, a indústria de pneus conseguiu atingir um elevado nível de controle dos processos e determinação dos tempos de vulcanização, fato fundamental para o aperfeiçoamento do processo produtivo, redução de custos e aumento da produtividade.

REFERÊNCIAS

A Linguagem da Borracha, E.I. Du Pont de Nemours & Co, 1963;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12771**: termopares tabelas de referências. Rio de Janeiro, 1999.



COSTA, H. M.; Visconte, L. L. Y.; Nunes R. C. R., Furtado, C. R. G. Aspectos Históricos da Vulcanização. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 2, p. 125-129, 2003.

GUERRA, B. B.; Futado, C. R. G.; Coutinho, F. M. B. Avaliação reológica de elastômeros e suas composições. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 14, p. 289-294, 2004.

PROCESSO DE VULCANIZAÇÃO. **termopares**. 02 nov.2014. Disponível no referencial de uma empresa de fabrica de pneus.

Termopares. Disponível em :<<http://www.anip.com.br>>

Acesso em 04 de junho de 2015

Vucanização da borracha. Disponível em :<http://ctborracha.com/?page_id=2>.

Acesso em 01 de junho de 2015.