

# POLÍMEROS ELASTÔMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Jacqueline Roberta TAMASHIRO<sup>1</sup>

Luciano Katsumy OSAKO<sup>2</sup>

Polímeros são materiais que apresentam e se caracterizam por uma repetição múltipla em sua estrutura molecular. A reação que forma os polímeros é chamada de polimerização. Os polímeros naturais são encontrados em forma de proteínas, enzimas, amidos e celulose, em plantas e animais compõe os processos biológicos e fisiológicos. Hoje, devido ao avanço da tecnologia científica é possível a identificação de estruturas moleculares e o estudo de novos polímeros, que podem vir a ser sintetizados a partir de moléculas orgânicas como base. O objetivo deste trabalho consiste em apresentar novas aplicações tecnológicas e construtivas dos elastômeros em materiais da indústria da construção civil. Foram realizados estudos bibliográficos pertinentes, identificando suas principais características e composições físicas e químicas. Os elastômeros estudados neste presente trabalho são os copolímeros Buna-S e Buna-A, cloropreno ou Neoprene e os silicones. Abordando quais são suas principais características, seu processamento, fabricação e algumas novas técnicas existentes no âmbito das pesquisas científicas. A partir destes estudos, foram abordadas quais são as utilizações na construção civil, em forma de aditivos, impermeabilizantes, isolamentos acústicos e na redução de vibrações sísmicas. O resultado mostra que os polímeros elastômeros são eficientes em aplicações e quesitos aos quais são empregados.

**Palavras-chave:** Elastômeros. Polímeros. Borracha. Construção Civil. Ciência dos Materiais.

---

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós Graduação MMADRE – Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista. e-mail: arquiteta.jtamashiro@hotmail.com. Bolsista pela CAPES.

<sup>2</sup> Docente do curso do curso de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Mestrando do Programa de Pós Graduação MMADRE – Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista. e-mail: luciano.osako@toledoprudente.edu.br

## 1. POLÍMEROS ELASTÔMEROS

Elastômeros ou borrachas são materiais poliméricos cujas dimensões podem ser altamente modificadas quando submetidas a esforços e retomam as suas dimensões originais (ou quase) quando os esforços são eliminados (SMITH; HASHEMI, 2012; ASKELAND; PHULÉ, 2008; VAN VLACK, 1984). Já a ASTM D1566 (2011) define um elastômero como um material macromolecular que, à temperatura ambiente, é capaz de recuperar substancialmente em forma e tamanho após a remoção de uma força de deformação.

Existem vários tipos de materiais elastômeros, como a borracha natural ou poli-isopreno natural, borracha estireno-butadieno, borracha de nitrilo, policloropreno e os silicones (SMITH; HASHEMI, 2012).

Segundo Callister (2015), Shackelford (2013), Moffatt; Pearsall; Wulff (1972) uma das propriedades que os materiais elastoméricos apresentam é a elasticidade, que assemelha-se à de uma borracha. Isto é, eles possuem a habilidade de serem deformados em níveis de deformação bastante grandes, e então retornarem elasticamente, como uma espécie de mola, às suas formas originais. Isso resulta de ligações cruzadas no polímero, as quais proporcionam uma força para retornar as cadeias às suas conformações não deformadas.

As borrachas naturais e sintéticas raramente são utilizadas em sua forma pura, sem nenhuma adição. Em suas aplicações práticas podem ser adicionados vários ingredientes, e a escolha do uso desses ingredientes integrados é baseada no conjunto de propriedades desejadas por quem está fabricando (VISCONTE; MARTINS; NUNES, 2001). Um elastômero pode ser misturado a outro na finalidade de melhorar as propriedades de um elastômero original, como melhorar seu processamento ou diminuir custos. Todos os elastômeros apresentam deficiência em algum aspecto sejam em viscosidade, aspecto pegajoso ou baixa resistência à degradação. Logo, a combinação de dois ou mais elastômeros é um método de se obter um bom balanço de propriedades. O produto resultante das misturas é composto por polímeros distintos, com estruturas químicas diferentes e altos pesos moleculares (CORISH, 1994).

Tabela 1: Características e aplicações típicas para cinco elastômeros comerciais

Natureza química	Nomes comerciais (comuns)	Alongamento (%)	Faixa de temperatura útil [°C (°F)]	Principais características de aplicação
<b>Poli- isopreno natural</b>	Borracha Natural ou (NR- Natural Rubber)	500-760	- 60 a 120	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelentes propriedades físicas;</li> <li>• Boa resistência ao corte, entalhe e abrasão;</li> <li>• Baixas resistências ao calor, ozônio e óleos;</li> <li>• Boas propriedades elétricas.</li> </ul>
<b>Copolímero estireno-butadieno</b>	GRS, Buna S (SBR)	450-500	- 60 a 120 (-75 a 250)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boas propriedades físicas;</li> <li>• Excelente resistência a abrasão;</li> <li>• Não possui resistência a óleos, ozônio ou intempéries;</li> <li>• Boas propriedades elétricas, porém não excepcionais.</li> </ul>
<b>Copolímero acrilonitrila-butadieno</b>	Buna A, Nitrile (NBR)	400-600	- 50 a 150 (-60 a 300)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente resistência a óleos vegetais, animais e de petróleo;</li> <li>• Propriedades ruins a baixas temperaturas;</li> <li>• As propriedades elétricas não são excepcionais.</li> </ul>
<b>Cloropreno</b>	Neoprene (CR)	100-800	- 50 a 105 (-60 a 225)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente resistência a ozônio, calor e intempéries;</li> <li>• Boa resistência a óleos;</li> <li>• Excelente resistência a chamas;</li> <li>• Não é tão bom em aplicações elétricas quanto a borracha natural.</li> </ul>
<b>Polissiloxano</b>	Silicone (VMQ)	100-800	- 115 a 315 (-175 a 600)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente resistência a temperaturas altas e baixas;</li> <li>• Baixa resistência mecânica;</li> <li>• Excelentes propriedades elétricas.</li> </ul>

Fonte: Callister (2015) - Adaptado de C.A. Harper, *Handbook of plastics and elastomers* (1975)

## 2. BORRACHA NATURAL

### 2.1 Produção

A borracha natural é produzida comercialmente do látex da árvore *Hevea brasiliensis*, a qual é cultivada em plantações de modo extrativo, com a finalidade de produção de borracha natural. É cultivada principalmente nas regiões tropicais do sudeste da Ásia, especialmente na Malásia e Indonésia (CAMPELO JR, 2000; SMITH & HASHEMI, 2012). No Brasil, a árvore é comumente conhecida como Seringueira, Seringa, Seringa-verdadeira e Árvore-da-borracha (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, IPEF, 2007).

A fonte natural da borracha é um líquido leitoso, conhecido como látex, a qual se constitui de uma suspensão contendo partículas muito pequenas de

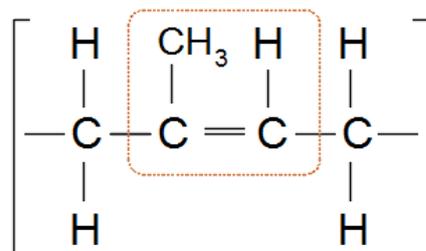
borracha. O látex, por sua vez, é um líquido é coletado das árvores e levado a um centro de processamento em que o látex é diluído até por volta de 15% de conteúdo de borracha e coagulado com ácido fórmico ou ácido orgânico. O material coagulado é então comprimido por rolos para remover a água e produzir uma lâmina de material. As lâminas são secas por correntes de ar quente ou pelo calor da fumaça do fogo (lâminas de borracha enfumaçada). As lâminas enroladas e outros tipos de borrachas cruas são moídas entre rolos pesados na qual a ação do cisalhamento mecânico quebra algumas das cadeias poliméricas compridas e reduz seu peso molecular médio. A produção natural de borracha em 1980, representava em torno de 30% de todo mercado mundial de borracha (SMITH; HASHEMI, 2012).

“Provavelmente o comportamento elastomérico foi observado pela primeira vez na borracha natural; entretanto, nos últimos anos trouxeram a síntese de um grande número de elastômeros com uma ampla variedade de propriedades”. (CALLISTER, 2015, p.503).

## 2.2 Estrutura

Smith & Hashemi (2012) abordam que a borracha natural é principalmente a cis-1,4 poli-isopreno, misturada com pequenas quantias de proteínas, lipídios, sal inorgânico, e outros numerosos componentes. O prefixo cis- indica que o grupo metil e um átomo de hidrogênio estão no mesmo lado da ligação dupla de carbono-carbono. Já o 1,4 indica que as unidades químicas repetidas da cadeia polimérica se ligam covalentemente no primeiro e quarto átomos de carbono.

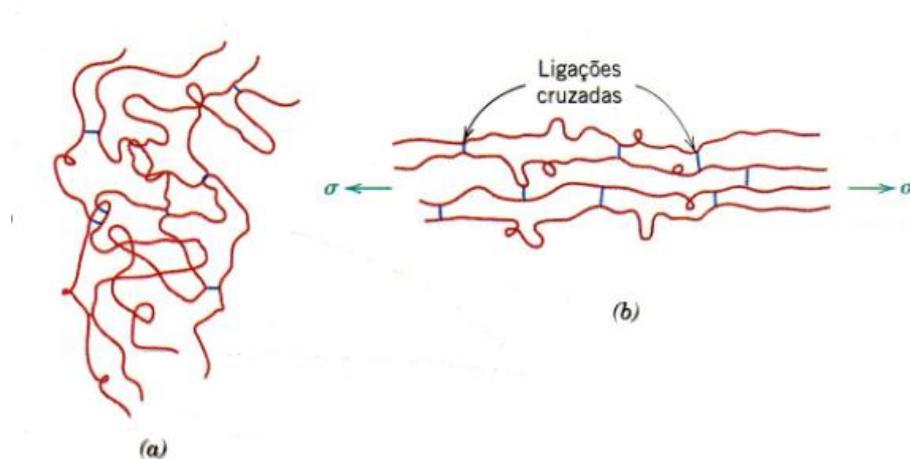
Figura 1: Unidade estrutural repetitiva de borracha natural cis- 1,4 poli-isopreno



Fonte: Smith & Hashemi (2012)

As cadeias poliméricas da borracha natural são compridas, emaranhadas, enroladas e na temperatura ambiente estão no estado de agitação contínua. A flexão e o enrolamento das cadeias poliméricas da borracha natural são atribuídos a estereo-química do grupo metil e do átomo de hidrogênio do lado da ligação dupla de carbono-carbono (SMITH; HASHEMI, 2012).

Figura 2: Representação esquemática de uma cadeia polimérica com ligação cruzada



a) isento de tensões b) durante uma deformação elástica em resposta a aplicação de tensão.

Fonte: Adaptado de JASTRZEBSKI, Z.D. The nature and properties of engineering materials. 3.ed. Nova York: Willey and Sons Inc. (1987)

### 2.3 Vulcanização

É o processo químico no qual as moléculas poliméricas são unidas ao se conectarem a moléculas maiores para restringir o movimento molecular. Em 1839, Charles Goodyear descobriu o processo de vulcanização de borracha ao usar enxofre e carbonato de chumbo básico. Goodyear descobriu que quando uma mistura de borracha natural, enxofre e carbonato de chumbo eram aquecidas, a borracha mudava de um termoplástico para um material elastômero (SMITH; HASHEMI, 2012).

As ligações dos átomos de enxofre oferecem rigidez para as moléculas de borracha. A mistura de borracha e enxofre reagem lentamente, mesmo em temperatura elevada, de modo a diminuir o tempo de cura; aceleradores químicos geralmente acompanham a borracha junto com outros aditivos, como os

preenchedores, plastificantes e antioxidantes (SMITH; HASHEMI, 2012; ASKELAND; PHULÉ, 2008).

Comumente, as borrachas mais macias vulcanizadas contêm em torno de 3% em peso de enxofre e são aquecidas na temperatura à faixa de 100 a 200°C, assim ocorre a vulcanização ou cura. No entanto, se o conteúdo de enxofre for aumentado, as ligações cruzadas que ocorrem também aumentarão, produzindo um material mais duro e menos flexível. Uma estrutura de borracha dura, inteiramente rígida pode ser produzida com aproximadamente 45% de enxofre (SMITH; HASHEMI, 2012). Callister (2015) também aborda sobre o processo de formação de ligações cruzadas nos elastômeros, que é chamado de vulcanização. O processo é realizado por meio de uma reação química irreversível, conduzida normalmente em uma temperatura elevada. Na maioria das reações de vulcanização, compostos à base de enxofre são adicionados ao elastômero aquecido, assim formando cadeias de átomos de enxofre que são ligados às cadeias adjacentes da estrutura dos polímeros, formando ligações cruzadas entre elas.

Ocorre ainda que o oxigênio ou ozônio também irão reagir com as ligações de carbono das moléculas de borracha – em maneira semelhante à reação do enxofre de vulcanização – o que pode causar a fragilização da borracha. Essa reação é chamada por Smith & Hashemi (2012) de oxidação e pode ser retardada até certo ponto, adicionando antioxidantes, enquanto a borracha está sendo formada. Portanto, os antioxidantes, em geral, são utilizados para prevenir ou diminuir falhas dos polímeros, melhorar as qualidades causadas pelo envelhecimento e aumentar o tempo de vida, em serviço, do produto envolvido (MORTON, 1989).

Para fortalecer o material e diminuir o custo do produto são utilizados preenchedores. O carbono negro, por exemplo, é utilizado como preenchedor em borrachas e quanto mais fina as partículas dos carbonos negros, maior serão sua resistência à tração. Ele também aumenta a resistência ao cisalhamento e a abrasão da borracha. Sílica ou silicato de cálcio e a argila modificada quimicamente, também são usadas como preenchedores para reforçar a borracha (SMITH; HASHEMI, 2012).

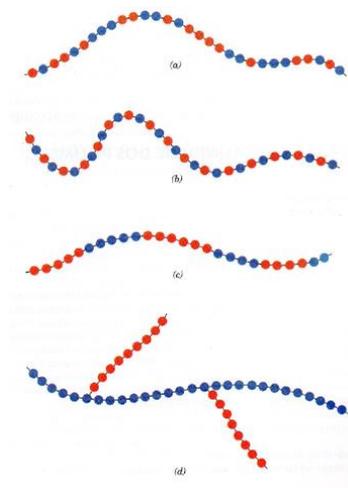
Em estudo realizado por Reis (2010), a borracha natural juntamente às raspas de couro proporcionou a fabricação de um novo compósito utilizando o método de prensagem à quente. Ao concluir a pesquisa, o novo material mostrou que pode ser utilizado em aplicações industriais como divisórias e pavimentação.

### 3. BORRACHAS SINTÉTICAS

Em 1980, as borrachas sintéticas representavam cerca de 70% do fornecimento mundial de materiais de borracha. Algumas das borrachas sintéticas mais importantes são as estireno-butadieno, borrachas de nitrilo e o policloroprene (SMITH; HASHEMI, 2012).

A copolimerização<sup>3</sup> tem sido usada amplamente no campo das borrachas sintéticas; por exemplo, as buna-S são copolímeros de butadieno e estireno. E ainda temos os copolímeros triplos de acrilonitrila, butadieno e estireno ou *styrene* (VAN VLACK, 1984).

Figura 3:Exemplos de Copolimerização



a) aleatório b) alternado c) em bloco d) enxertado

Fonte: Callister (2015)

No exemplo de copolimerização e das frações relativas desses tipos de unidades repetidas, são possíveis diferentes sequências de arranjos das unidades repetidas ao longo das cadeias poliméricas. No caso em que se apresenta como 'a' as duas unidades diferentes estão dispersas aleatoriamente ao longo da cadeia, formando o que é denominado de copolímero aleatório. Já para um polímero alternado, que é o caso 'b' as duas unidades repetidas alternam posições ao longo da

<sup>3</sup> Copolimerização: Polímero que consiste em duas ou mais unidades repetidas diferentes, combinadas ao longo das cadeias moleculares (CALLISTER, 2015).

cadeia. Na situação de um copolímero em bloco, ou caso 'c' é aquele que as unidades repetidas idênticas ficam aglomeradas em blocos, ao longo da cadeia. E finalmente, as ramificações laterais de homopolímeros de um tipo podem ser enxertadas nas cadeias principais de homopolímeros compostos por uma unidade repetida diferente; tal material é denominado copolímero enxertado como mostrado na situação 'd'.

Kalpakidis, Constantinou e Whittaker (2010) averiguaram sobre o uso de rolamentos de borracha termomecânicas com núcleo de chumbo em quesito a aplicação e finalidade *anti-knock* – também chamada de tremor ou efeito nocivo de terremotos – em pontes de concreto protendido, edifícios e obras de infraestrutura. As previsões de relações entre força-deslocamento para os rolamentos de borracha, quando submetidos a um grande número de ciclos de movimentos harmônicos em alta velocidade e, ainda, a movimentos aleatórios, demonstraram eficiência em sua utilização.

### **3.1 Borracha De Estireno-Butadieno Ou SBR**

A borracha sintética mais importante e também a mais usada é a borracha estireno-butadieno, ou comumente chamada de SBR, um copolímero de buta-dieno-estireno. Após a polimerização, este material contém de 20 a 30% de estireno (SMITH; HASHEMI, 2012). No entanto, a medida em que se aumenta o teor de estireno, o produto da polimerização, ou SBR vai assumindo a característica de um produto termoplástico (NAGDI, 1987).

Quando se sintetiza o butadieno, através de um catalizador estéreo, o mesmo terá maior elasticidade do que a borracha natural. Já a presença de estireno no copolímero produz uma borracha mais resistente e forte. O fenil de estireno reduz a tendência do polímero de cristalizar sob alta tensão. A borracha SBR tem um custo mais baixo do que a borracha natural, por isso é usada em bandas de rolamento de pneus de automóveis. A borracha SBR tem maior resistência ao desgaste, contudo gera mais calor. Uma desvantagem da SBR e a borracha natural é que elas absorvem solventes orgânicos como a gasolina e óleo e também tendem a se expandir (SMITH; HASHEMI, 2012; CALLISTER, 2015).

Em pesquisas Macedo e Tubino (2005) estudaram a possibilidade de reciclar a borracha de pneus automotivos já usados. O resultado apresentou a viabilidade de produção de placas pré-moldadas com diferentes teores de borracha

(5, 10 e 15%) e sua aplicação no isolamento acústico atendendo à regulamentação da norma NBR 10636 (1989).

### 3.2 Borracha De Nitrilo Ou NBR

“As borrachas de nitrilo são copolímeros de butadieno e acrilonitrila com a proporção variando de 55 a 82% de butadieno e 45 a 18% de acrilonitrila” (SMITH; HASHEMI, 2012, p.379). Logo, a polimerização é feita por um processo de emulsão, podendo ser realizada à quente ou a frio, ou seja, respectivamente quando temperatura é superior a 30 °C ou variando entre 5°C a 30°C (BARLOW, 2007).

O grupo de nitrila fornece boa resistência a óleos e solventes, assim como uma melhor abrasão e resistência ao calor. Por outro lado, a flexibilidade molecular é reduzida. A borracha nitrílica pertence à classe das borrachas especiais, resistentes ao óleo e são mais caras que as borrachas comuns. Devido ao custo ser mais alto, as formas de uso destes copolímeros são limitadas a aplicações especiais como: mangueiras de combustível e juntas, onde é necessário haver alta resistência a óleos, solventes, graxas à base de óleo mineral, gorduras animais e vegetais (SMITH; HASHEMI, 2012; CALLISTER, 2015). Segundo *European Tyre & Rubber Manufacturers' Association*, ETRMA (2008), são utilizados em aplicações como: *O-rings*<sup>4</sup> estáticos; membranas; foles; tubos e mangueiras de aplicações hidráulicas ou pneumáticas; no transporte de hidrocarbonetos alifáticos, como o propano e butano; em correias transportadoras; nos materiais de fricção; cobertura de rolos e nas indústrias de pintura.

## 4. POLICLOROPRENO, NEOPRENE® OU CR

As borrachas de policloropreno ou popularmente conhecidas como Neoprene® são similares ao isopreno (DU PONT, 2016). No entanto, a presença do átomo de cloro em sua estrutura aumenta a resistência das ligações ao ataque de oxigênio, ozônio, calor, luz e intempéries (SMITH; HASHEMI, 2012; CALLISTER, 2015).

---

<sup>4</sup> *O-Ring* ou junta tórica: Junta em formato de anel, composta por diversos tipos de elastômeros é muito utilizada em vedação estática ou dinâmica (VEDATEC, 2011).

O policloropreno também possui resistência ao combustível e óleo, o que aumenta sua resistência sobre as borrachas comuns. Porém, possuem baixa flexibilidade a baixas temperaturas, não são tão bons em aplicações elétricas quanto a borracha natural e apresentam maior custo de fabricação. Como resultado, os neoprenes são usados em aplicações especiais, tais como em revestimentos de fios e cabos, mangueiras industriais, cintos, lacres e diafragmas automotivos (SMITH; HASHEMI, 2012; CALLISTER, 2015).

O Neoprene® é vendido aos fabricantes como matéria-prima básica. Quando ligada a outros produtos químicos selecionados, preenchedores e processada, ela se torna passível de aplicações diversas juntamente a borracha crua, goma vulcanizada e carbono negro vulcanizado. O composto resultante da mistura é então moldado e vulcanizado. As propriedades que o produto acabado adquire depende da quantidade de policloropreno e dos seus aditivos utilizados na conformação (SMITH; HASHEMI, 2012).

Já a vulcanização ocorre em processo diferente da borracha natural e sintética; o processo da vulcanização dos elastômeros de policloropreno depende dos óxidos metálicos ao invés do enxofre (que é usado em muitos elastômeros). Os óxidos de zinco e magnésio são usados com maior frequência (SMITH; HASHEMI, 2012).

## **5. POLISILOXANOS OU SILICONES**

Os polisiloxanos ou mais conhecidas como borrachas de silicone, proporcionam resistência a temperaturas elevadas, sendo processadas à temperaturas de até 315°C (ASKELAND; PHULÉ, 2008). Através da reação do cloreto de metilo com silício, é sintetizado na presença de um catalizador a base de cobre, o que resulta em dimetildiclorosilano, que após purificação é hidrolisado, obtendo-se uma mistura de polímeros lineares e cíclicos de baixo peso molecular. Após o processo de hidrólise era polimerizado com um catalizador ácido, obtendo a purificação do produto. Este processo tornou os metilclorosilanos disponíveis para consumo no mercado e com um custo razoável, tornando possível seu uso na indústria de silicone (MORTON, 1989).

Já os silicones com baixo peso molecular são líquidos e conhecidos como óleos de silicone. Os silicones também estão disponíveis comercialmente como

um sistema de duas partes que podem ser moldadas e curadas para unir peças. A goma de mascar contém uma base que pode ser feita a partir de borracha natural, copolímero butadieno e estireno ou acetato de polivinila ou PVA. (ASKELAND; PHULÉ, 2008).

Segundo Gomes (2016) há três tipos de borracha de silicone: a vulcanizável a quente ou HTV, *High Temperature Vulcanizing*; a vulcanizável a frio ou RTV, *Room Temperature Vulcanizing* e a borracha de silicone líquida ou LSR, *Liquid Silicone Rubber*. A diferença está no tipo e quantidade de peróxido mais adequado ao método e a temperatura utilizada para a realização da vulcanização.

A propriedade que elastômero oferece resultou em um produto novo ao mercado, uma tinta baseada na dispersão de polissiloxanos, que oferece elevada resistência à intempérie e aos raios ultravioleta ou UV. O produto oferece elevada permeabilidade ao vapor de água formando um filme microporoso e devido ao seu carácter hidro-repelente, evita a entrada de água do exterior para as paredes (KENITEX, 2015).

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Resultado do avanço em estudos perante a tecnologia, hoje as aplicações de produtos provindos da borracha natural em muitas das vezes requerem um conjunto de propriedades e características que comumente não são supridas por um único elastômero. Assim a copolimerização oferece aos produtos resistências perante usos diferenciados e específicos a cada fator requerido, como resistência a altas temperaturas, elasticidade, durabilidade em relação a óleos e solventes, entre outros. A vulcanização varia em cada tipo de elastômero, visto que os de borracha natural são vulcanizados com enxofre e utilizados aditivos em sua fabricação os de elastômeros de policloropreno depende dos óxidos metálicos ao invés do enxofre (que é usado em muitos elastômeros). Foi estudado as especificações para cada elastômero ou tipos de borracha, qual o composto que influencia nas propriedades pretendidas ao serem aplicadas em materiais construtivos, seguindo pelos processos de vulcanização, emulsão e copolimerização no produto final.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 10636. **Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1989.
- ASKELAND, D.R.; PHULÉ, P.P. **Ciência e engenharia dos materiais.** 5 reimpr. 1.ed. São Paulo: Cengage Learning. 2008.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM D1566-11: Standard Terminology Relating to Rubber.** West Conshohocken: ASTM. 2011.
- BARLOW, F.W. **Rubber Compounding: Principles, Methods and Technics.** n.20. Universidade de Michigan: M. Dekker. 2007.
- CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução.** Rio de Janeiro: LTC, 8. ed. 2015.
- CAMPELO JR., J.H. Estimativa da transpiração em seringueira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 35-42, 2000
- CORISH, P. J. **Elastomer Blends. Science and Technology of Rubber.** San Diego: Academic Press, Inc.1994.
- DU PONT. **Plastics, polymers, resins and elastomers.** 2016. Disponível em: <<http://www.dupont.com/products-and-services/plastics-polymers-resins/elastomers.html>>. Acesso em: 29 out. 2016.
- ETRMA. European Tyre & Rubber Manufacturers' Association. **Rubber Industry Manual.** n. 1. 2008.
- GOMES, M.M. **Portal da indústria da borracha.** 2016. Disponível em: <<http://www.rubberpedia.com/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- HARPER, C.A. **Handbook of plastics and elastomers.** New York: McGraw-Hill book company. Penton/IPC.1975.
- IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Hevea brasiliensis (Seringueira).** 2007. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/hevea.brasiliensis.asp>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- JASTRZEBSKI, Z.D. **The nature and properties of engineering materials.** 3.ed. Nova York: Willey and Sons Inc. 1987.
- KALPAKIDIS, I.V; CONSTANTINO, M.C; WHITTAKER, A.S. Modeling strength degradation in lead–rubber bearings under earthquake shaking. **Earthquake engineering and structural dynamics.** Earthquake Engng Struct. Dyn. 2010; 39:1533–1549. DOI: 10.1002/eqe.1039.

KENITEX. **Tinta de emulsão de polissiloxano**. 2015. Disponível em: <  
[http://www.kenitex.pt/externo.html?page=shop.getfile&file\\_id=436&product\\_id=1788](http://www.kenitex.pt/externo.html?page=shop.getfile&file_id=436&product_id=1788)>  
Acesso em: 15 nov. 2016.

MACEDO, D.C.B; TUBINO, R.M.C. **Comportamento térmico e acústico de placas pré-moldadas com borracha de pneu**. I Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. São Carlos, 2005.

MOFFATT, W.G.; PEARSALL, G.W.; WULFF, J. **Ciência dos materiais**. New York: John Willey and Sons Inc. 1972.

MORTON, M. **Rubber Technology**. New York: Van Nostrand Reinhold. 2. ed. 1989.

NAGDI, K. **Manuale della gomma**. Tecniche nuove. 1987. Disponível em: <  
[https://books.google.com.br/books/about/Manuale\\_della\\_gomma.html?id=0cC1AAAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Manuale_della_gomma.html?id=0cC1AAAACAAJ&redir_esc=y) > Acesso em: 24 out. 2016.

REIS, E.A.P. **Preparação e caracterização de compósitos obtidos a partir de borracha natural com raspa de couro visando aplicações industriais**. 112 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2010.

SHACKELFORD, J.F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiros**. 6.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2013.

SMITH, W.F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Porto Alegre: AMGH. 5.ed. 2012.

TAKIMOTO, D.; COUTINHO NETTO, J. Látex extraído da seringueira é utilizado com sucesso na medicina. **Revista Univerciência**. P. 58–61, 2002.

VAN VLACK, L.H. **Princípios de ciência e tecnologia dos materiais**. 4.ed. Reimp. 2003. Rio de Janeiro: Campus. 1984.

VEDATEC. **Anel O-ring**. 2011. Disponível em: <  
[http://www.vedatec.com.br/aneis\\_orings.htm](http://www.vedatec.com.br/aneis_orings.htm) > Acesso em: 29 out. 2016.

VISCONTE, L. L. Y.; MARTINS, A.F.; NUNES, R.C.R. Misturas NR / SBR : Modos de Preparação e Propriedades. **Revista de Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v. 11, p. 76–81, 2001.