

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
JEREMIAS JOEL BOURSCHEIDT

**ROLAMENTO DE BORRACHA DE ISOLAMENTO SÍSMICO PARA
CONSTRUÇÕES BRASILEIRAS**

LAGES

2021

JEREMIAS JOEL BOURSCHEIDT

**ROLAMENTO DE BORRACHA DE ISOLAMENTO SÍSMICO PARA
CONSTRUÇÕES BRASILEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2021

JEREMIAS JOEL BOURSCHEIDT

**ROLAMENTO DE BORRACHA DE ISOLAMENTO SÍSMICO PARA
CONSTRUÇÕES BRASILEIRAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Universitário UNIFACVEST como
parte dos requisitos para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista dos
Anjos

Lages, SC ___/___/2021. Nota _____

Professor Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Coordenador do curso de Engenharia Civil

Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2021

*Dedico este trabalho a todos que contribuíram de
alguma forma para minha formação acadêmica*

*Agradeço a Deus, Criador Do Mundo;
A Jesus Cristo Meu Guia;
Pela Vida, Pela Saúde,
Pelo Conhecimento Adquirido;
A Minha Família,
Aos Meus Amigos,
Por Tudo Mais.*

RESUMO

JEREMIAS JOEL BOURSCHEIDT¹

ALDORI BATISTA DOS ANJOS²

As movimentações da terra são constantes e com frequentes abalos sísmicos que geram efeitos sobre a sua superfície. Essas movimentações afetam as construções civis causando grandes tragédias e transtornos a civilização. No Brasil temos um índice de abalos sísmicos alto por isso temos a necessidade de adaptarmos as nossas construções para suportar esses abalos. Para este problema existem os sistemas de isolamento de base que servem para amortecer esses abalos sísmicos mantendo assim as estruturas intactas. Nesse estudo apresento o isolamento de base mais conhecido e utilizado no mundo da engenharia, o rolamento de borracha, produzido a partir de borracha e placas de metal traz segurança e praticidade na execução das edificações. Capaz de amortecer tremores com altas magnitudes causados pela terra e as baixas magnitudes também causadas por exemplo por equipamentos utilizados por humanos, sendo uma solução utilizada em outros países podemos verificar sua eficácia. Com este estudo temos como propósito principal trazer segurança a futuras construções civis executadas no Brasil. Esse sistema possui variações de formas e tamanhos, sendo este já uma estrutura melhorada com o avanço da tecnologia.

Palavras-chave: Abalos Sísmicos. Rolamentos De Borracha. Construção Civil. Isolamento De Base. Segurança.

¹ Acadêmico da 10ª fase do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST. E-mail: jeremias_joel@outlook.com

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Msc. Em Engenharia Ambiental e Sanitária, coordenador e professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST. E-mail: prof.aldori.anjos@unifacvest.edu.br

ABSTRACT

JEREMIAS JOEL BOURSCHEIDT³

ALDORI BATISTA DOS ANJOS⁴

Earth movements are constant and with frequent earthquakes that generate effects on its surface. These movements affect civil constructions causing great tragedies and disturbances to civilization. In Brazil we have a high rate of earthquakes, which is why we need to adapt our buildings to withstand these earthquakes. For this problem, there are basic insulation systems that serve to dampen these earthquakes, thus keeping the structures intact. In this study, I present the best known and most used base insulation in the engineering world, the rubber bearing, produced from rubber and metal plates, which brings safety and practicality in the execution of buildings. Capable of dampening high magnitude tremors caused by the earth and low magnitudes also caused, for example, by equipment used by humans, being a solution used in other countries we can verify its effectiveness. With this study, our main purpose is to bring security to future civil constructions carried out in Brazil. This system has variations in shapes and sizes, which is already an improved structure with the advancement of technology.

Keywords: Seismic Shakes. Rubber Bearings. Construction. Base Insulation. Safety.

¹ Acadêmico da 10ª fase do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST. E-mail: jeremias_joel@outlook.com

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Msc. Em Engenharia Ambiental e Sanitária, coordenador e professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST. E-mail: prof.aldori.anjos@unifacvest.edu.br

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Zonas sísmicas.....	16
Figura 02 – Idealização da resposta sísmica de uma estrutura de base fixa e com isolamento de base.....	19
Figura 03 – Isolamento de base do tipo rolamento de borracha.....	20
Figura 04 – Teste de abalo em rolamento de borracha.....	20
Figura 05 --Ligação flexível ao exterior de (a) conduta de gás e (b) cabos elétricos. (c) Conduta para atravessamento do isolamento. (d) Base do núcleo de elevadores.....	22
Figura 06 – Rolamento de borracha de amortecimento simples.....	23
Figura 07 – Rolamento de borracha de alto amortecimento.....	24
Figura 08 – Diferença na deflexão do prédio com e sem isolamento de base.....	25
Figura 09 – Rolamento de borracha com núcleo de borracha.....	26
Figura 10 – Rolamento de borracha com núcleo de chumbo pronto para uso.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Zonas sísmicas.....	15
---------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RSBR: Rede Sismográfica Brasileira

NBR: Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 Introdução.....	10
2 Título da Pesquisa.....	11
3 Justificativa.....	11
4 Problematização.....	11
5 Fundamentação Teórica.....	12
6 Objetivos.....	12
6.1 Objetivo Geral.....	12
6.2 Objetivos Específicos.....	12
7 Metodologia.....	12
7.1 Abalos Sísmicos.....	13
7.2 Abalos sísmicos no brasil.....	14
7.3 A norma brasileira para abalos sísmicos 15421/2006.....	15
7.4 Construções convencionais e construções adaptadas para abalos sísmicos.....	16
7.5 Isolamentos de base.....	18
7.6 Problemas construtivos dos sistemas de isolamento de base.....	21
7.7 Rolamentos de borracha.....	22
7.7.1 Rolamentos de borracha de amortecimento simples.....	23
7.7.2 Rolamentos de borracha de alto amortecimento.....	24
7.7.3 Rolamentos de borracha com núcleo de chumbo.....	26
8 Vantagens e desvantagens.....	28
9 Conclusão.....	29
Referências Bibliográficas.....	30

1 INTRODUÇÃO

Os terremotos são ações da natureza que geram vibrações em nosso solo, é um fenômeno que ocorre praticamente todos os meses no Brasil, porém pouco perceptíveis, levando isso em consideração devemos nos preocupar com a segurança das nossas construções onde vivemos.

A necessidade de ter maior segurança em nossos lares levou o seguimento de engenharia civil a desenvolver novas técnicas de segurança e métodos de proteção para os movimentos da terra e a força da natureza, que não temos como prever seu potencial de movimentação e destruição.

Nós deparamos com problemas diários de novos desastres naturais e isso desafia os profissionais como engenheiros civis a trazer essas atualizações tecnológicas como rolamento de borracha para as nossas construções atuais no Brasil, rolamento de borracha ante sismo pode ser utilizado na construção de enormes prédios até estruturas menores auxiliando assim no impacto de ondas sísmicas, como na situação de um terremoto ou outras forças naturais.

Atualmente as construções civis estão sendo feitas cada vez com estruturas mais modernas e sofisticadas, utilizando tecnologias avançadas e procurando reutilização de materiais. A borracha, por exemplo, é um componente que fornece o amortecimento e isolamento da estrutura e está presente nesta inovação tecnológica.

O rolamento de borracha é uma tecnologia desenvolvida para isolamento de base sísmico, este equipamento tem por objetivo o isolamento das vibrações da energia gerada pelo solo, preservando as estruturas com a contenção destas vibrações. Ele é projetado para apoiar o peso da estrutura e fornecer elasticidade, amortecendo o impacto.

Em cada tipo de construção é necessário um modelo, para isso deve ser utilizar os dados da construção para definir qual modelo e tamanho utilizar, e o quanto de elasticidade é necessária para absorção do abalo. Nem todas as construções são iguais e com as mesmas estruturas, assim o uso de modelos diferentes de rolamentos com ou sem borracha são desenvolvidos e usados.

2 TÍTULO DA PESQUISA

Rolamento de borracha de isolamento sísmico para construções brasileiras.

3 JUSTIFICATIVA

O sistema de isolamento de base é pouco conhecido no Brasil, assim buscamos explicar sua funcionalidade e viabilidade, para garantir maior segurança as estruturas e novas edificações. O rolamento de borracha é um desses sistemas, o qual tem a função de fazer o isolamento de base necessário em um evento sísmico, proporcionando estabilidade e garantido a segurança da estrutura.

Com a compreensão de como funciona essa nova tecnologia já muito usada em países com maior incidência de abalos sísmicos, temos o intuito de expor maior conhecimento sobre os materiais usados e como funciona em um evento sísmico, qual é a sua função e ação para manter a estrutura segura.

No Brasil temos a sensação de não haver muitos tremores de terra, mas ao contrário do que pensamos, há muitos abalos sísmicos todos os anos com pequeno potencial de destruição, porém já houve tremores com maiores magnitudes os quais provocaram estragos em alguns estados do país.

Levando em consideração esses pequenos abalos, devemos ter uma visão no futuro, nos preparando e precavendo todos os possíveis tremores e os prejuízos e perigos que possa estar gerando.

4 PROBLEMATIZAÇÃO

Diante de uma evolução tecnológica gigantesca nos deparamos com o setor da construção civil do Brasil muito atrás de outros países, um exemplo é as construções sem nenhum planejamento para ocorrências de abalos sísmicos. Através deste queremos apresentar algumas formas e sistemas capazes de deixar mais seguras nossas construções através da implantação de um sistema de isolamento de base como o rolamento de borracha.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para evitarmos que construções e estruturas sofram rompimentos ou desintegração quando terremotos acontecem, a indústria vem desenvolvendo novos equipamentos e tem se aprimorado cada vez mais para evitar tragédias provocadas pela força da natureza.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a utilização de isolamento de base do tipo rolamento de borracha nas construções existentes em outros países para a viabilidade em construções brasileiras.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demonstrar a importância dos rolamentos de borracha em uma estrutura, quando esta sofre um abalo sísmico;
- Identificar a viabilidade do isolamento de base do tipo rolamento de borracha nas construções brasileiras;
- Descrever os problemas construtivos na implantação do sistema de isolamento de base do tipo rolamento de borracha;
- Explanar os tipos de rolamento de borracha existentes;
- Apontar as vantagens e desvantagens da utilização do rolamento de borracha.

7 METODOLOGIA

Para que os objetivos do seguinte trabalho fossem alcançados, foi necessário fazer uma aprofundada pesquisa bibliográfica em relação a abalos sísmicos e demais vibrações. Nos sistemas de isolamento de base para construções e o sistema de rolamento de borracha, efetuou-se um estudo teórico a partir de livros,

artigos, normas, monografias, trabalhos acadêmicos e conhecimento de profissionais da área.

7.1 ABALOS SÍSMICOS

Abalos sísmicos ou como são mais conhecidos terremotos são tremores causados pelo deslocamento de placas tectônicas e atividades vulcânicas. A energia acumulada é lançada pelas rachaduras nas rochas produzindo choques entre placas tectônicas e formando vulcões, que por sua vez quando acontecem trazem consequências ao ser humano, como perdas econômicas, sociais e provoca destruição gerando muita insegurança.

Segundo o autor Ribotta (2013), temos dois tipos de sismos, os de origem natural e os induzidos, a maioria dos sismos são de origem natural da terra, chamados de sismos tectônicos, já os sismos induzidos são provocados pela ação do homem, como explosões de bombas para extração de minérios, injeção de fluídos, exportação de fluído, ou até mesmo por queda de edifícios, mas apresentam magnitudes bastante inferiores dos terremotos tectônicos.

No Brasil terremotos são mais comuns do que se pode imaginar, segundo Dados da Rede Sismográfica Brasileira (RSBR) em 2020, citada por Mergulhão (2021):

Os pesquisadores verificaram a ocorrência de 248 terremotos desse total, apenas três tiveram a magnitude acima de 4 pontos na escala Richter, a partir da qual são percebidos ruídos e oscilações dos objetos. Entre 1900 e 2020, o RSBR calcula que houve 2959 tremores de terra no Brasil. O mais forte neste período ocorreu em 1955, com magnitude de 6.8, na Serra do Tombador, em Mato Grosso.

Mesmo sendo de baixa magnitude os tremores em terras brasileiras, nós devemos nos preocupar e nos preparar com estruturas que suportam frequências bem maiores das que já foram registradas, utilizando assim tecnologias que podem evitar tragédias maiores.

Normalmente esses tremores são naturais e completamente imprevisíveis em qualquer lugar do planeta. Conforme os autores Nóbrega e Nóbrega (2016).

Os terremotos são imprevisíveis, mas a boa engenharia não deve ser. O meio técnico deve discutir com rigor científico este tema. É possível, ademais, que o próprio projeto estrutural convencional seja suficiente para suportar com folga as ações sísmicas, mas as incertezas seriam radicalmente diminuídas.

As baixas magnitudes destes fenômenos dão a impressão de segurança, o que leva os projetistas de edificações tradicionais a negligenciarem as ações sísmicas na projeção de edificações. Profissionais destas áreas, como arquitetos, engenheiros e técnicos devem coletar e planejar todas as informações de acordo com rígidos padrões de segurança, as edificações precisam ser projetadas levando em consideração todos os tremores possíveis naquela região, pois eles são imprevisíveis mesmo com tantos dispositivos de monitoramento.

7.2 ABALOS SÍSMICOS NO BRASIL

Conforme estudo realizado encontrou-se alguns dados sobre os principais terremotos registrados no Brasil, descrito por Francisco (2021), podemos destacar: em 1955 um dos maiores terremotos já sentido com 6,6 graus na escala Richter, no estado do Mato Grosso, no mesmo ano outro terremoto de 6,3 graus atingiu o estado do Espírito Santo;

O Ceará também já teve um tremor de 5,2 graus na escala Richter, em 1980, sendo um pouco menor em intensidade do que o tremor no estado do Amazonas em 1983, um sismo de 5,5 graus.

No ano de 2007 na divisa entre Acre e Amazonas, um terremoto de 6,1 graus assustou moradores, mas não foi registrado nenhum estrago, o que não ocorreu em Minas Gerais no mesmo ano, quando se registrou um terremoto de 4,9 graus no município de Itacarambi, onde uma criança morreu soterrada, sendo, até hoje, a única vítima fatal registrada no Brasil em decorrência de um sismo.

Em 2008 foi à vez de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina sentir um terremoto de 5,2 graus na escala Richter.

Em julho de 2020, um terremoto de 3,5^o na Escala Richter foi sentido no litoral sul da Bahia. Um mês depois, um tremor de 4,6^o foi sentido no mesmo estado e durou cerca de 20 segundos. Como descreve Matias (2021), pode parecer um tempo pequeno, mas 20 segundos com um terremoto de 6^o ou mais já é suficiente para um estrago imensurável.

Segundo Freitas (2021) não há como prever a ocorrência de terremotos, embora haja maneiras de identificar lugares propícios ao desenvolvimento de tal fenômeno.

Esses lugares mais propensos a ter tremores são onde a concentração maior das falhas está presente no Nordeste e Sudeste. Apesar das novidades oriundas desse estudo, ainda se tem informações superficiais, uma vez que foram identificadas somente as grandes falhas e existem ainda inúmeras outras pequenas fissuras.

7.3 A NORMA BRASILEIRA PARA ABALOS SÍSMICOS 15421/2006

Para trazer segurança as construções foram elaboradas normas como a NBR 15421/2006, que trata de projeto de estruturas resistentes a sismos, ela é quem normatiza construções em regiões com possibilidades de abalos sísmicos no Brasil.

A norma possui um mapa de mapeamento que apresenta em formas de onda as regiões onde possui maior ou menor incidência sísmica e seus respectivos valores de aceleração sísmica horizontal.

Conforme a norma NBR **15421** (2006):

Para efeito da definição das ações sísmicas a serem consideradas no projeto, deve ser considerado o zoneamento sísmico da figura 1. Cinco zonas sísmicas são definidas nesta figura, considerando a variação de a_g , aceleração sísmica horizontal característica normalizada para terrenos da Classe B ("Rocha", conforme 6.2), nas faixas estabelecidas na tabela 1.

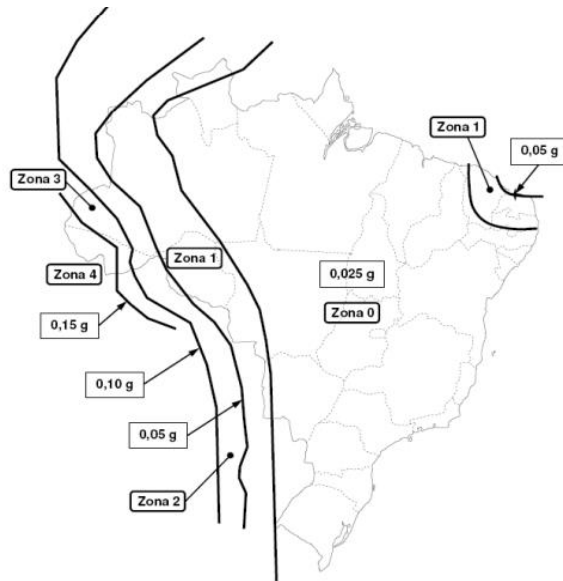
Segue abaixo o mapa de zoneamento da NBR 15421/2006, demonstrando a localização da maior incidência de tremores, devido a abalos sísmicos, e os valores de a_g .

Tabela 01 – Zonas sísmicas

Zona sísmica	Valores de a_g
Zona 0	$0 a_g = 0,025g$
Zona 1	$0,025g \leq a_g \leq 0,05g$
Zona 2	$0,05g \leq a_g \leq 0,10g$
Zona 3	$0,10g \leq a_g \leq 0,15g$
Zona 4	$a_g = 0,15g$

Fonte: NBR **15421** (2006)

Figura 01 – zonas sísmicas



Fonte: NBR 15421 (2006)

Ainda segundo a norma da NBR 15421/2006, as categorias sísmicas são utilizadas nesta norma para definir os sistemas estruturais permitidos, limitações nas irregularidades das estruturas, componentes da estrutura que devem ser projetados quanto à resistência sísmica e os tipos de análises sísmicas que devem ser realizadas.

7.4 CONSTRUÇÕES CONVENCIONAIS E CONSTRUÇÕES ADAPTADAS PARA ABALOS SÍSMICOS

As construções realizadas atualmente sempre presam pela segurança e também o aproveitamento de espaço geográfico, a cada dia estão sendo feitos novos estudos para aumentar essa segurança nas construções civis, com testes em novos materiais e novas tecnologias.

Antigamente construir uma moradia era somente para sobrevivência, proteção contra o frio, contra-ataques de animais e um ponto fixo para descanso. Nos dias de hoje tivemos um grande avanço no assunto moradia, passou a ser um lugar onde passamos nossas vidas, acolhemos nossa família, recebemos amigos e muitas vezes o nosso trabalho também é em casa.

Com essas mudanças no conceito moradia, o quesito segurança é algo muito importante e que deve ser levado muito a sério. A área da engenharia civil vem

inovando com técnicas modernas e com novos produtos para garantir isso, tendo muitas vezes a pressão política em países onde há maior incidência de desastres provocados pela força da natureza.

Um exemplo de colaboração entre o setor de construção civil e o governo é citado pelo autor Parsekian (2018).

Muitas vezes sistemas desenvolvidos ou melhorados por brasileiros têm reconhecimento mundial. Pode-se citar o caso da alvenaria estrutural (arrisco dizer que o caso brasileiro é o maior sucesso mundial desse sistema na história moderna, como caminha a ser o sistema de paredes de concreto moldadas no local) e vários casos de empresas nacionais que estão ganhando mercado na América do Sul e ao redor do mundo com sistemas de softwares para projeto e detalhamento de estruturas, sistemas de proteção, sistemas de formas. Construtoras brasileiras realizam obras no mundo todo. Esse sucesso é fruto da dedicação, criatividade e competência dos profissionais brasileiros.

Levando em consideração a incidência de abalos sísmicos de baixas frequências, mas em uma quantidade considerável mensalmente, nos deparamos com um problema em que nossas construções não têm uma base estrutural projetada para estes possíveis eventos.

Cita o autor Benvenuti (2017):

O Brasil, apesar de não sofrer com este tipo de desastre, no primeiro semestre de 2017 foram registrados 62 abalos, sendo 8 destes com magnitude entre 4,0 e 4,8, segundo dados do Centro de Sismologia da USP. Pela Escala Richter, a intensidade destes abalos pode causar quebra de vidros, provocar rachaduras nas paredes e deslocar móveis.

Para podermos prevenir prejuízos maiores, podemos usar a tecnologia já usada em construções no oriente, em países como o Japão onde essa incidência é altíssima e com Magnitudes que chegam a passar de 7 graus na escala Richter.

Um dos produtos utilizados é o rolamento de borracha, que ajuda a amortecer o impacto e dissipa a energia produzida horizontalmente.

Feito a partir de borracha vemos o seu benefício na engenharia civil, pois pode ser utilizada em vários formatos, como mantas, amortecedores, controladores de vibração e também isolamentos de base, e sua maleabilidade oferece uma proteção às estruturas com alta eficácia.

No Brasil a realidade em relação aos abalos sísmicos é tranquila, mas segundo a autora Tagliani (2018):

O Brasil não sofre abalos sísmicos de grande intensidade. Isso não quer dizer que suas construções não tenham que suportar cargas extremas, como forças horizontais, causadas por ventos fortes ou pequenos tremores de terra – algo que é frequentemente subestimado pelos projetistas.

Mesmo não tendo essa preocupação diária, a segurança nesta área tem que ter seu cuidado, pois a terra está sempre em constante mudanças, e levando em consideração as mudanças climáticas, podemos prever que teremos sim problemas futuros com tremores mais intensos e devemos estar preparados para isso, com estruturas preparadas que possam suportar abalos sísmicos fortes e ventos com velocidades maiores para que não haja nenhuma tragédia.

Chames (2019), em São Francisco na Califórnia ocorreu um terremoto de magnitude 7,9 graus na escala Richter destruindo 28.000 estruturas, mais de 80% dos edifícios da cidade na época, teve duração de 8 a 15 segundos a uma profundidade de 19 km causando a morte de 63 pessoas e outras 3.757 ficaram feridas. O prejuízo total foi de cerca de US\$ 5.6 a 6 bilhões, como neste caso e muitos outros aconteceu de repente e sem avisar.

No Brasil não se descarta essa possibilidade, por isso devemos aderir a um sistema que previna isso. O custo da implantação desse sistema pode até no momento parecer não ser viável, mas as mortes que podem ser evitadas quando ocorrido um sismo semelhante é importante.

Tagliani (2018) ressalta “que terremotos não matam pessoas, mas os prédios sim”, essa frase realmente é pesada quando pensamos que o nosso lugar de refúgio, quando não bem projetado e preparado para enfrentar estas situações pode se tornar o lugar mais perigoso, a ponto de poder colocar em nossas vidas em risco.

Os Autores Souza e Motta (2016) citam:

Esses acidentes não podem ser desconsiderados, pois é relevante o levantamento de ocorrência de abalos sísmicos em países vizinhos que ocasionaram catástrofes que ceifaram a vida de diversas pessoas e situações de calamidade pública, que foram sentidos pela população no Brasil, como foi o caso do ocorrido no Chile em 2010.

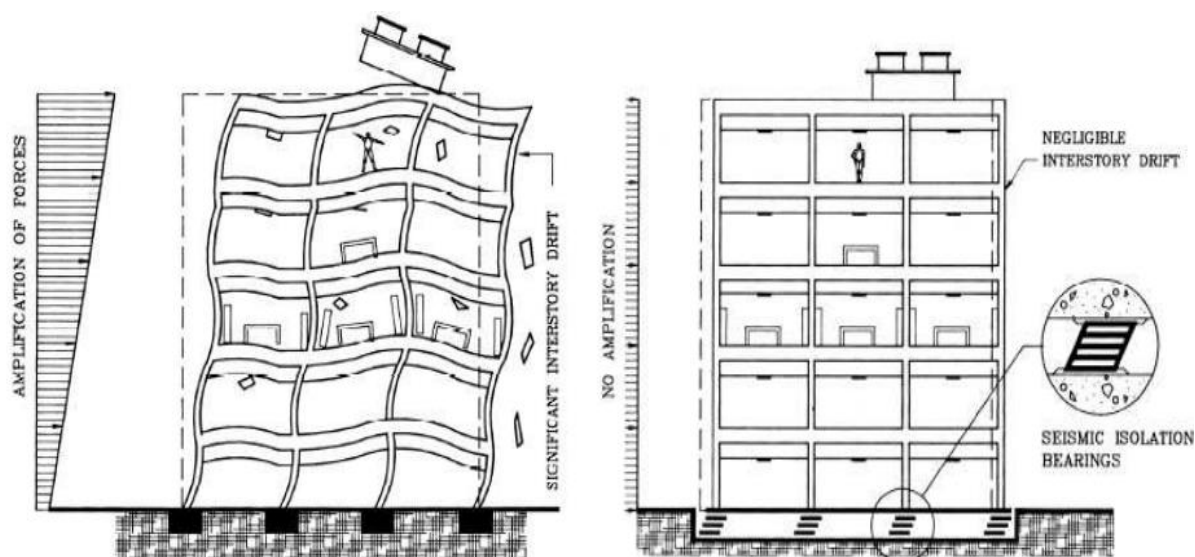
Com o intuito de poder prevenir essas catástrofes, a engenharia vem usando novas técnicas para estruturar melhor as construções no mundo todo, principalmente nos países com maior incidência dos abalos sísmicos, mas não podemos deixar de atender países com menor incidência ou menor magnitude como o Brasil, devemos utilizar essas técnicas como o isolamento de base, que tem vários formatos e tamanhos.

7.5 ISOLAMENTOS DE BASE

Uma construção é feita com projeções de muitos anos de uso, e se ela não for bem estruturada, com o tempo será um investimento desperdiçado e colocará muitas vidas em risco.

Com o intuito de poder ajudar a melhor à segurança de uma construção, surge o isolamento de base, que tem a função de amenizar os movimentos do solo em um evento sísmico, ele provoca uma infinita flexibilidade na direção horizontal, para que a estrutura não acompanhe o movimento do solo.

Figura 02 - Idealização da resposta sísmica de uma estrutura de base fixa e com isolamento de base



Fonte: Mayes e Naeim, 2001

Depois de termos um apartamento construído, temos o comunicado de que algo em sua estrutura não foi levado em consideração, pois o mesmo se encontra em um território em que a estabilidade terrestre é normal.

Levantamos a questão de abalos sísmicos, e a estrutura construída não foi projetada para sofrer essas forças extras, ele foi estruturado com planejamento básico, sem um estudo e planejamento para poder resistir a um abalo sísmico.

Nos dias atuais não podemos deixar isso acontecer, com todas as tecnologias que dispomos e estudos já realizados, um edifício deve ser muito bem planejado e estruturado levando em consideração todos os possíveis e imprevisíveis

acontecimentos, mesmo que hoje o Brasil não tenha uma incidência elevada de abalos sísmicos, não podemos prever como será no futuro.

Na figura 02 temos a implantação de um sistema de isolamento de base com rolamentos de borracha para uma edificação, como o nome diz “isolamento de base” isola-se a base que seria o solo e a fundação do restante da estrutura para que haja movimentação entre as mesmas.

Figura 03 – Isolamento de base do tipo rolamento de borracha



Fonte: Haider Construction Engineering

Na ocorrência de um evento sísmico, as forças de movimento são transmitidas a partir das ligações rígidas que a estrutura tem com o solo, como por exemplo, as fundações para não haver a transmissão das forças há estrutura é necessário que a ligação se torne flexível. Para isto temos hoje as tecnologias de isolamento de base com grande capacidade de proteger as edificações.

Nesta fotografia de um teste do rolamento de borracha, podemos observar o quando ele é eficiente em um evento sísmico.

Figura 04 – Teste de abalo em rolamento de borracha



Fonte: Protenders

Em uma situação em que a estrutura venha a sofrer um abalo sísmico, o isolamento de base proporciona a estrutura uma estabilidade e mantém ela centralizada, sem esforço ou deformação, segundo Meireles (2011):

...(através de uma ligação que transmite o peso desta ao solo de fundação, mas que não possui rigidez lateral) é elementar. Esta situação é equivalente a uma estrutura apoiada sobre esferas (ou em roletes, no caso de uma análise bidimensional). Considerando as superfícies polidas, o atrito é eliminado e desaparecem assim quaisquer ligações horizontais da estrutura ao solo, criando-se uma superfície de descontinuidade, mantendo-se, contudo, a ligação vertical destes.

Basicamente ele descreve que o isolamento de base pode movimentar um prédio, em ocorrências de abalos sísmicos, mas garantindo a estabilidade sem provocar danos à estrutura, ponto central do estudo realizado.

Em uma estrutura afetada por um abalo sísmico temos as direções horizontais onde possui a maior necessidade de elasticidade para inibir essas forças, já nas direções verticais a ação sísmica é de menor importância, pois geralmente as ações são insignificantes.

De acordo com Doshinrubber empresa que produz rolamentos de borracha, Isolamentos de base é uma tecnologia com aceitação no mundo todo. Pode ser utilizado em edifícios já existente ou novas edificações, trazendo assim mais modernização e o principal segurança.

No isolamento sísmico, parte ou toda a superestrutura é separada da parte inferior da estrutura por uma interface que é macia e flexível na direção horizontal. Geralmente, a interface é colocada entre a fundação ou porão e o piso térreo e, portanto, o isolamento da base de termo pode ser aplicado com precisão.

7.6 PROBLEMAS CONSTRUTIVOS DOS SISTEMAS DE ISOLAMENTO DE BASE

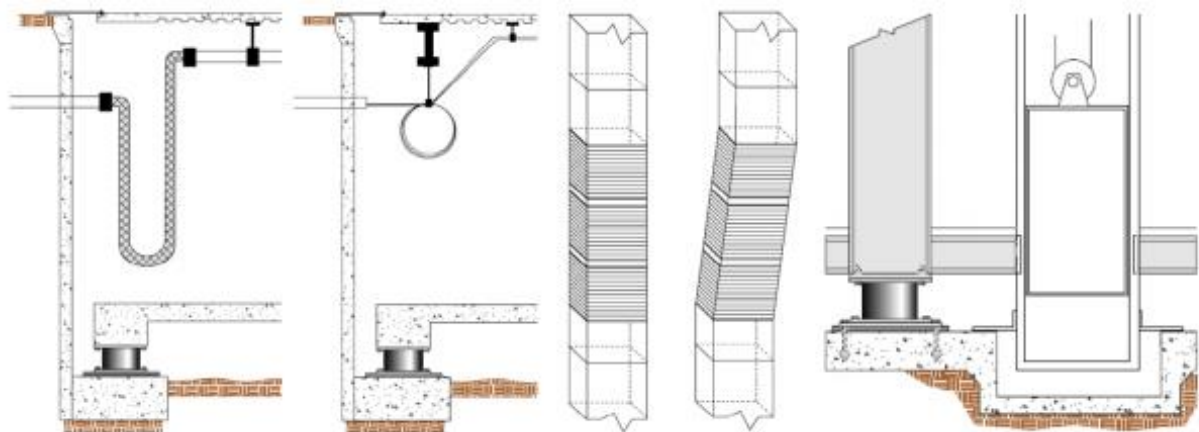
O sistema de isolamento base sísmico contribui claramente para a grande diminuição dos deslocamentos relativos entre pisos das estruturas, contudo causa um grande deslocamento na base acompanhado por toda a estrutura tornando a estrutura praticamente um corpo rígido, com isso surge problemas práticos na concepção das estruturas.

Para fazer uma estrutura com isolamento de base precisa se ter a existência de espaço circundante em todo seu entorno, podendo essa estrutura se movimentar para todos os lados quando houver um abalo sísmico, ela não pode ter nenhuma

ligação rígida com o exterior por este motivo deve se pensar em isolar a estrutura no nível da sua implantação.

Em casos de estruturas com isolamento de base se encontrar a outra estrutura deverão ser colocadas juntas flexíveis no encontro de ambas, por exemplo, em um edifício onde há ligações externas como rampas, escadas e outros devem ser feitas isoladas e apenas nas ligações utilizar as juntas. Deve se atentar também a ligações elétricas, de água, de esgoto, de gás e outros do tipo, pois deveram ler ligações flexíveis ao acesso da estrutura. O local é um dos grandes responsáveis para a facilitação ou não na colocação de um sistema de isolamento de base.

Figura 05- Ligação flexível ao exterior de (a) conduta de gás e (b) cabos elétricos. (c) Conduta para atravessamento do isolamento. (d) Base do núcleo de elevadores



(Figueiredo, 2007).

7.7 ROLAMENTOS DE BORRACHA

Rolamentos de borracha ou também conhecido por rolamentos elastômero ou almofadas de rolamento elastômérica dependendo do local de pesquisa, é um dos principais produtos utilizado para isolamento de base se não o principal.

Produzido a partir de borracha já existem variações no mercado como o rolamento de borracha de amortecimento simples, de alto amortecimento e com núcleo de chumbo. Todos eles são produzidos com camadas de borracha especial que possui neoprene em sua composição, e fechado com placas de metais para o acoplamento nas estruturas.

O rolamento de borracha deve ter a capacidade de suporte vertical, por exemplo, o peso de um prédio, ou uma ponte com seus veículos em cima, e horizontalmente deve ser flexível de uma forma limitada para poder amortecer os abalos sísmicos sem comprometer a estrutura.

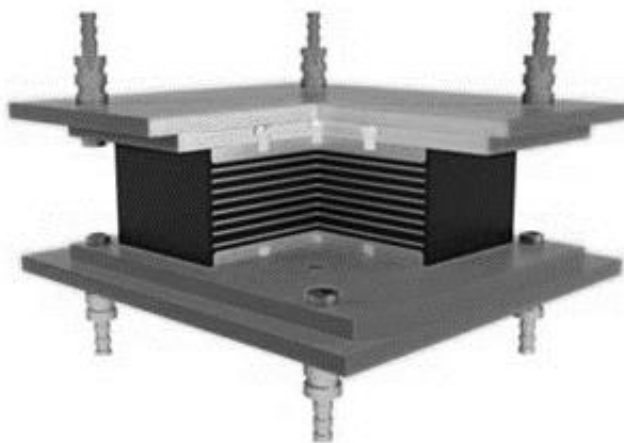
De acordo com Meireles (2011) este tipo de sistema foi um dos primeiros a ser aplicado como isolamento de base em estruturas de edifícios, sendo a solução escolhida na maioria das estruturas isoladas ou na reabilitação sísmica.

7.7.1 ROLAMENTOS DE BORRACHA DE AMORTECIMENTO SIMPLES

Também conhecido como rolamento elastómero cintado foi o primeiro modelo de rolamento a ser criado, ele é a solução mais simples de isolamento de base, esse rolamento é formado por lâminas de borracha e chapas de aço de reforço intercaladas e agrupadas num plano horizontal.

A fixação deste aparelho na estrutura é feita através de duas chapas de aço com espessura superiores a 20 mm que são colocadas nas superfícies e vulcanizadas juntamente, elas podem ser furadas já ou como o responsável técnico preferir com suportes e ou parafusos.

Figura 06 – Rolamento de borracha de amortecimento simples



Fonte: Alibaba

Este rolamento atualmente está sendo utilizado menos por conta de haver outros rolamentos e sistemas melhores, no entanto ainda se utiliza muito em pontes, pois possui um custo menor. A fixação deste aparelho na estrutura é feita através de duas chapas de aço que são colocadas nas superfícies e vulcanizadas juntamente,

elas podem ser furadas já ou como o responsável técnico preferir com suportes e ou parafusos.

Meireles (2011) explica como é o processo de deformação para o amortecimento dos abalos sísmicos.

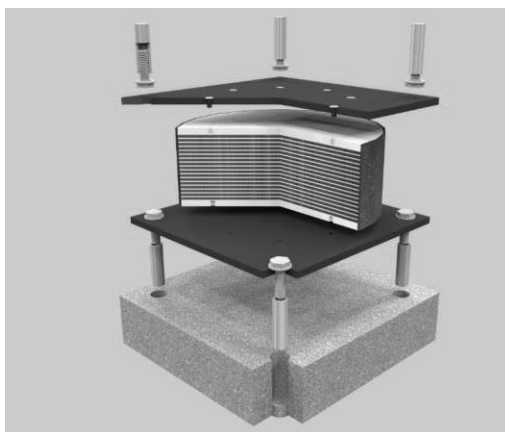
A deformação horizontal deste sistema é o somatório das deformações individuais de cada camada de elastômero, o que implica que a rigidez horizontal será menor para um maior número de camadas. Estas deformações são essencialmente por corte, devido à pequena espessura das camadas. Visto que este material tem uma baixa rigidez ao corte, a rigidez horizontal do aparelho é também reduzida, o que sustenta a aplicação deste sistema para isolamento de base.

Para termos maior amortecimento é preciso adicionar mais camadas e menos amortecimento menos camadas, diante disto é preciso saber o quanto de amortecimento vai precisar para a estrutura suportar intacta um abalo sísmico de magnitude estimada.

7.7.2 ROLAMENTOS DE BORRACHA DE ALTO AMORTECIMENTO

Possui um método de construção semelhante ao rolamento de amortecimento simples, ele é montado com camadas intercaladas de borracha e aço, onde as placas de aço aumentam a rigidez vertical do rolamento, mesmo quando sofre um grande deslocamento de cisalhamento, no entanto, os compostos de borracha utilizados no seu fabrico conferem maior capacidade de dissipação de energia, exibindo uma rigidez variável.

Figura 07 – Rolamento de borracha de alto amortecimento



Fonte: Doshinrubber

Segundo a empresa Doshinrubber, que fabrica rolamentos de borracha, esse modelo de estrutura é preparado para suportar a carga vertical projetada, quando este está sobre uma deformação por cisalhamento e não produzir uma sobreposição entre as placas finais do rolamento superior e inferior.

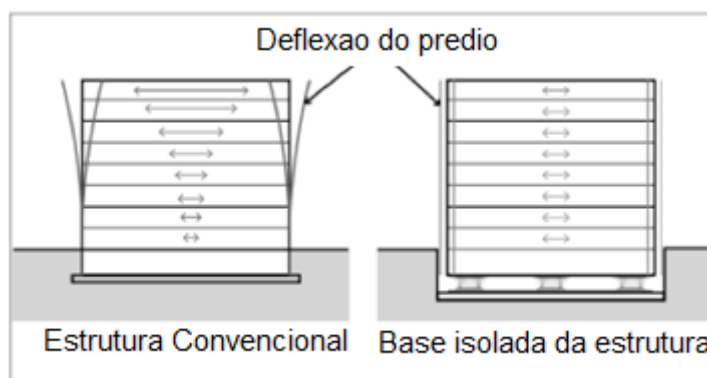
Para funcionar corretamente o rolamento e dar o amortecimento necessário, é preciso uma forte ligação entre a borracha e o aço.

Ainda a empresa Doshinrubber, garante que com o uso de borracha de alto amortecimento evita a necessidade de amortecedores auxiliares, como amortecedores de aço viscoso ou elasto-plástico no sistema de isolamento.

Algumas das características obrigatórias entre a fundação e a estrutura é a baixa rigidez horizontal no deslocamento do projeto e a alta rigidez vertical, tendo ainda a capacidade de suportar a carga de gravidade da estrutura em longo prazo e também ter a capacidade de acomodar grandes deslocamentos horizontais durante terremotos e, ao mesmo tempo, suportar cargas verticais, incluindo cargas sísmicas.

Outro ponto muito importante é a capacidade de centralizar a estrutura após o terremoto com uma rigidez estável e propriedades de amortecimento em longo prazo, contando com uma alta rigidez horizontal inicial para conter os ventos e com a necessidade de funcionar novamente após o terremoto.

Figura 08 – Diferença na deflexão do prédio com e sem isolamento de base



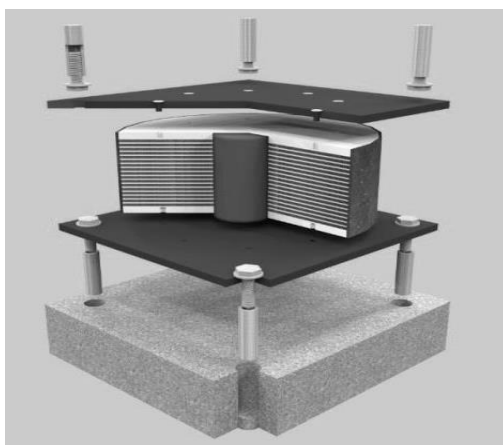
Fonte: Doshinrubber

Os rolamentos são produzidos, conforme a necessidade da possível deformação, conforme o comportamento não linear dos compostos significa que em baixas deformações o módulo é maior, permitindo apenas movimentos leves devido a forças como o vento. A laminação de aço garante alta rigidez à compressão para suportar a carga vertical.

7.7.3 ROLAMENTOS DE BORRACHA COM NÚCLEO DE CHUMBO

Rolamento de borracha com núcleo de chumbo é um rolamento de isolamento de base criado especialmente para prevenir os abalos sísmicos, tem sua composição formada por várias camadas de borracha e um núcleo de chumbo, nas regiões de transferência de energia para a estrutura tem duas chapas de metal com possibilidades de parafusos para a acoplagem na estrutura. Possui um coeficiente de amortecimento muito superior se comparado a um rolamento de borracha simples.

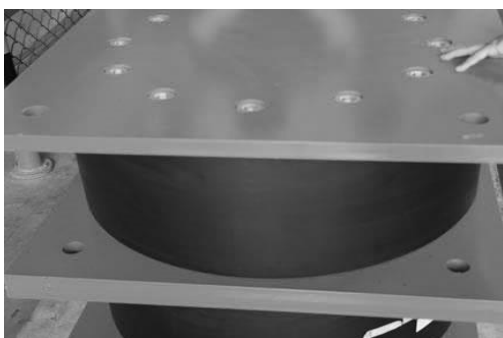
Figura 09 – Rolamento de borracha com nucleo de chumbo



Fonte: Doshinrubber

Segundo Dacheng o rolamento de borracha de chumbo possui um coeficiente de amortecimento muito superior se comparado a um rolamento de borracha simples. O rolamento de borracha de chumbo tem um amortecimento superior a 15% dos tremores gerado por um terremoto. A borracha funciona como uma mola e o núcleo de chumbo se deforma plasticamente conforme a força de cisalhamento amortecendo os movimentos horizontais.

Figura 10 – Rolamento de borracha com nucleo de chumbo pronto para uso



Fonte: Doshinrubber

Ele possui uma grande capacidade de recuperação, quando sofre deslocamentos não tendo deformação residual, pois se restaurarão por si próprio, porem ele pode ser removido facilmente para fins de manutenção, tem resistência à corrosão e a outros agentes do tempo.

O rolamento com reforço central de chumbo é o que diferencia ele do anterior, dando maior amortecimento e provocando uma movimentação lateral menor, mas mantem com sua função mantida.

8. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Prezar pelo bem-estar e a segurança de nossas famílias é o que pessoas nos dias de hoje mais buscam e desejam, então na questão de trazer maior segurança para nossos lares é a maior vantagem que podemos apresentar com este estudo.

A segurança as nossas construções com essa tecnologia que é o rolamento de borracha e um novo modelo de construir nossos lares é um benefício que devemos investir mais recursos para que quando houver, por exemplo, um terremoto não haja tragédias com pessoas mortas e ou feridas, ficando milhares de pessoas sem lares.

No entanto o pouco conhecimento nesse método construtivo e dessa tecnologia traz dificuldades na implantação, os custos iniciais podem ser maiores que uma construção simples desenvolvida no país, sem ter sua produção no Brasil já gera custos a mais.

Os profissionais como engenheiros civis e técnicos devem se especializar na questão da engenharia sísmica, pois vai demandar um conhecimento muito maior para projetar essas estruturas utilizando essa tecnologia.

9. CONCLUSÃO

Atualmente o Brasil tem mensalmente um número elevado de vibrações geradas por abalos sísmicos, com ondas de magnitudes baixas, mas já houve magnitudes mais altas e o risco de haver esses abalos sísmicos com magnitude maior nunca poderá ser descartado.

Sendo algumas regiões do Brasil mais atingidas a abalos sísmicos de maior magnitude temos um mapa desenvolvido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 15421/2006 que nos mostra em forma de onda as diferenças de magnitudes possíveis para cada região, no entanto não podemos estimar ao certo nem prever quando e com que magnitude acontecerá os abalos sísmicos.

Por isso devemos nos adiantar e implantar em nossas construções os sistemas de isolamento de base, que mesmo com magnitudes altas amortecera o abalo sísmico conservando assim todas as estruturas que a possuir, trazendo segurança e confiabilidade às nossas residências.

O rolamento de borracha é um ótimo sistema de isolamento de base, pois já é usado em vários outros países e com sucesso, além de ser uma tecnologia avançada existe seus diferentes modelos para cada tipo de estrutura e necessidade, ele pode ser produzido conforme a necessidade da estrutura podendo assim ser feito sob medida para os cálculos de profissionais como engenheiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBABA. **High damping bridge rubber seismic isolation bearing prod:** Disponível: <https://portuguese.alibaba.com> Acesso em: 15/mar/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15421: Projeto de Estruturas Resistentes a Sismo - Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 05.2006.

BENVENUTTI. Marcio. **Construções no Brasil não suportam terremotos:** Disponível: <https://www.aecweb.com.br> Acesso em: 28/mar/2021.

CHAMES. Victoria K. **São edifícios em SF em rolos? Isolamento de base em São Francisco.** Disponível em: <https://blog.jumpstartinsurance.com>. Acesso em 03/jul/2021.

DACHENG. **Zaoqiang Dacheng Rubber Co., Ltd:** Disponível: <https://www.bridgebearing.org> Acesso em: 26/abr/2021.

DOSHINRUBBER. **Isoladores sísmicos:** Disponível: <https://doshinrubber.com> Acesso em: 10/mai/2021.

FIGUEIREDO, F.R. **“Isolamento Sísmico de Base – Dimensionamento de Sistemas de Isolamento de Base em Edifícios”.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos do Instituto Superior. 2007

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **Risco de terremotos no Brasil.** *Brasil Escola.* Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em 03/jul/2021.

FREITAS, Eduardo de. **Terremotos no Brasil.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br>. Acesso em 03/jul/2021.

HAIDER, **Construction Engineering:** Disponível: <https://pt.made-in-china.com> Acesso em: 15/mai/2021.

MATIAS, Átila. **Terremotos.** Terremotos no Brasil. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em 03/jul/ 2021.

MAYES, R. e F. NAEIM. **Projeto de Estruturas com Isolamento Sísmico:** Rio de Janeiro, p.06.2021.

MEIRELES, Daniel, Ari. **Dimensionamento de sistemas de isolamento de base em estruturas de edifícios de acordo com o euro código 8:** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, p.06.2011.

MERGULHÃO, ALFREDO. O Globo, Época. **Terremotos: Brasil Teve 248 Tremores de Terra em 2020 e Outros 30 Apenas em Janeiro Deste Ano.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com>. Acesso em: 17/mar/2021.

NÓBREGA & NÓBREGA. **Perigo Sísmico no Brasil e a Responsabilidade da Engenharia de Estruturas.** Rio Grande do Norte: UFRN, 2016.

PARSEKIAN, Guilherme. **Concreto: Ontem, Hoje e Amanhã!** p.8.2018. Disponível em: <http://ibracon.org.br>. Acesso em: 18/mar/2021.

PROTENDERS. **Rolamento de borracha de chumbo atlas:** Disponível: <https://www.protenders.com> Acesso em: 26/04/2021.

RIBOTTA, Carlos Luiz. **Sismicidade Induzida por Reservatórios:** IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo p.03.2013.

SOUZA, R. V. L. e MOTTA, S. L. A; **Análise sísmica nas edificações:** Disponível: <https://www.inovarse.org> Acesso em: 26/abr/2021.

TAGLIANI, Simone. **Como projetar edifícios a prova de terremotos:** Disponível em: <https://engenharia360.com> Acesso em: 25/mar/2021.