



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Estudo da resistência mecânica e térmica de materiais para a confeção de armários corta-fogo em coleções zoológicas

Relatório Final de Iniciação Científica referente ao Edital: 01/2019

Nome do aluno: Gabriela Oliveira

Nome do orientador: Fabiana Rodrigues Costa Nunes

Título do projeto: Estudo da Resistência Mecânica e Térmica de materiais para a
confeção de armários corta-fogo em coleções zoológicas

Palavras-chave do projeto: Acervo, Armários corta-fogo, Coleções Zoológicas, Ligas
metálicas, Resistência mecânica, Resistência Térmica.

Área do conhecimento do projeto: CECS

Bolsista: PIBIC – edital 01/2019

Santo André

30 de setembro de 2020

SUMÁRIO

RESUMO	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3 METODOLOGIA	7
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
5 CONCLUSÕES	14
6. CRONOGRAMA	14
REFERÊNCIAS	16

RESUMO

Os museus constituem a base de toda a compreensão do presente, uma vez que preservam o passado e albergam estudos para avanços científicos. Para tal, é preciso que seu acervo esteja devidamente armazenado não só por questões organizacionais, como também para assegurar sua integridade, permitindo que esteja disponível aos pesquisadores que possam eventualmente solicitá-lo e estudá-lo, e ao público visitante da instituição onde está exposto. Por esta razão, a presente pesquisa visou o estudo de materiais que mais se adequassem à confecção de armários corta-fogo e cabines de exposição a fim de proteger o acervo zoológico de instituições públicas no Brasil contra acidentes que possam comprometê-los. Desse modo foram pesquisados metais, cerâmicas e polímeros que, combinados, pudessem apresentar alta resistência mecânica e térmica e com melhor custo benefício para, assim, serem considerados na confecção de armários corta-fogo que possam ser utilizados no armazenamento destes acervos. Para tal, foram selecionados os materiais aço carbono e galvanizado (metálicos) e fibra de vidro, borracha e silicone (isolantes). Foram, assim, construídos quatro protótipos no software Inventor 2021 de armário corta-fogo para a análise de tensão (mecânica) e térmica. Com os protótipos montados, a análise mecânica de tensão foi realizada por uma análise de elementos finitos, tendo como parâmetro a Tensão de Von Mises, o deslocamento do material com a aplicação da força e o fator de segurança, e a térmica com base na literatura. Concluiu-se que aços galvanizados, com concreto e fibra de vidro para o isolamento interno, mostraram-se mais eficientes para a constituição de armários corta-fogo, tornando-os inclusive mais viáveis financeiramente para salvaguardar as coleções depositadas nas coleções zoológicas das instituições públicas do país

Palavras-chave: Acervo, Armários corta-fogo, Coleções Zoológicas, Ligas metálicas, Resistência mecânica.

1 INTRODUÇÃO

Museus constituem espaços públicos que guardam vestígios e documentos da história das sociedades, transmitindo, portanto, conhecimentos que auxiliam na interpretação do passado para permitir uma melhor compreensão do presente (MENDES, 1999). No entanto, os museus no Brasil vêm sofrendo sucessivos cortes de verbas públicas fundamentais para a sua devida manutenção e de seu acervo, o que, por conseguinte, faz com que tais espaços estejam sujeitos a acidentes como o ocorrido em 2 de setembro de 2018 no Museu Nacional, Rio de Janeiro, que teria consumido aproximadamente 90% do acervo científico e em exposição. Com cerca de 20 milhões de itens (CUNHA, 2018) e considerado o maior acervo da América Latina, o Museu Nacional, no entanto, não foi o primeiro museu a sofrer pelo descaso com instituições públicas; também o Museu da Língua Portuguesa, em São Paulo, em 21 de dezembro de 2015, dentre outros, passou por problema similar, tendo toda a sua estrutura atingida e rapidamente consumida por um incêndio (BLAYA, 2017).

Uma forma de se proteger o acervo destas instituições, tão exposto a danos permanentes provocados por incidentes desta natureza, é o seu armazenamento no interior de armários corta-fogo. Estes armários são confeccionados a partir de uma combinação de materiais, cada qual com aplicação específica devido às suas características e propriedades.

Os metais, por exemplo, são materiais conhecidos por sua grande ductilidade, apresentando, assim, alta resistência ao desgaste e alta tenacidade, além de condutividade térmica e elétrica (SANTOS, 2015). Por serem sólidos em temperatura ambiente devido às ligações metálicas presentes apenas neste tipo de material, possuem alta resistência mecânica (VLACK, 1994). Já as cerâmicas, por sua vez, são conhecidas por sua dureza, baixa ductilidade, e por serem isolantes térmicos e elétricos, além de apresentarem uma fração de caráter iônico e covalente e alta temperatura de fusão (ZANOTTO & MIGLIORE, 1991). Observa-se, portanto, que cada uma destas classes de material apresenta uma diferente combinação de propriedades que acaba por conferir características únicas a cada um destes materiais (CALLISTER, 2008).

É possível a realização de testes para saber especificamente como cada liga ou material comporta-se mecânica e termicamente. Os mais utilizados são os testes de tensão e deformação, que consistem na aplicação de uma tensão de tração em um corpo de prova com o principal objetivo de se conhecer o limite de escoamento (tensão a partir da qual

o material começa a se deformar permanentemente) e o limite de resistência à tração (tensão máxima que o material é capaz de suportar), bem como o de flexão, utilizado normalmente para materiais frágeis com a aplicação de uma força em um material bi-apoiado. (TURRER & FERREIRA, 2018).

No caso dos testes térmicos, os mais utilizados são a termogravimetria, nos quais uma massa de uma dada amostra, em uma atmosfera controlada, é registrada continuamente em função da temperatura ou tempo à medida que a temperatura da amostra utilizada aumenta, e a análise térmica diferencial (DTA), no qual a diferença na temperatura entre uma balança e um material de referência é medida em função da temperatura, enquanto os dois componentes são sujeitos a uma diferença de temperatura (DENARI & CAVALHEIRO, 2012). Com a aplicação de testes desta natureza é possível a aferição da resistência de materiais que possam ser utilizados para a confecção de armários corta-fogo e que também ofereçam resistência a pressões externas. Uma vez que se entende por material resistente ao fogo aquele capaz de impedir a passagem do fogo e, portanto, seus efeitos por dado intervalo de tempo, com potencial de conservar a integridade de ambiente interno ou externo (MARINO & BOSCHI, 1998), pretende-se que o estudo das propriedades de materiais selecionados possa viabilizar a confecção de armários mais eficientes na preservação de conteúdos únicos, como é o caso das coleções de museus. Desse modo, o objetivo deste projeto consiste na realização de estudos teórico-experimentais para avaliar os materiais que melhor suportariam esforços mecânicos e térmicos a fim de que estes possam ser considerados na confecção de armários corta-fogo para a conservação de acervos de material zoológico dos museus.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As coleções zoológicas são imprescindíveis para o conhecimento acerca da biodiversidade existente, sendo uma fonte essencial de informação para pesquisa, e constituindo importantes bancos de dados para estudos de naturezas diversas, incluindo os biotecnológicos. Assim sendo, era de se esperar que as coleções científicas recebessem maior atenção dos órgãos públicos, instituindo uma política de longo prazo de manutenção de coleções no Brasil que, em sua maioria, acabam alocadas em lugares que possuem poucos recursos para o seu devido armazenamento, com ausência de uma padronização dos acervos, colocando-as, inclusive, em risco de conservação. (ZAHER, YOUNG, 2003)

Armários corta-fogo fornecem o armazenamento seguro de objetos contra choques mecânicos e térmicos, além de guardarem de forma segura produtos inflamáveis e corrosivos (SILVA, 2012). Para isso eles devem ser fabricados com um alto controle de qualidade e possuir as especificações pedidas para cada finalidade de seu uso. Assim, no caso de proteção de acervos contra incêndios, deve-se levar em consideração as três formas de transmissão de calor: irradiação, que consiste na transferência de calor sem a necessidade de contato entre as partes envolvidas (nesse caso normalmente a transmissão é acompanhada de emissão de luz e de ondas de calor); condução, sendo a transferência de calor de um ponto a outro a partir do contato entre as partes; e convecção, que consiste basicamente na transferência de calor de uma região para outra a partir do transporte de matéria (i.e., acontece em decorrência da diferença de densidade do ar) (NR 23, 2010; SILVA, 2012).

Assim, faz-se necessário o estudo das propriedades mecânicas e térmicas dos materiais que serão utilizados na confecção dos armários corta-fogo para que sejam utilizados aqueles que possuem as características que atendam às normas especificadas (NR 23, 2010; SILVA, 2012).

Propriedades mecânicas são obtidas a partir de ensaios mecânicos, os quais são regulados por normas técnicas da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), que conferirão as propriedades de cada um, como a resistência (tensão que o material suporta a partir de um esforço mecânico), a elasticidade (deformação máxima que o material suporta com a aplicação de uma tensão e, ao se retirar esta última, o material consegue retornar as suas características originais) (CALLISTER, 2008), a plasticidade (capacidade que o material possui de sofrer deformação permanente sem rompimento), a resiliência (capacidade de absorção de energia) e a tenacidade (energia total para provocar fratura no material a ser estudado) (SCHACKELFORD, 2008).

Dentre as propriedades supracitadas, o ensaio de tração consiste na aplicação de uma carga de tração crescente em uma direção, em um corpo de prova, que antes foi preparado e normatizado, até chegar à sua ruptura. Assim, este ensaio é utilizado para determinar a curva Tensão x Deformação e, desse modo, encontrar a resistência à tração, módulo de elasticidade, deformação no escoamento, ductilidade, tensão na ruptura e no escoamento. Este ensaio é muito utilizado em polímeros e metais, sendo regulamentado por algumas normas como a ASTM C1557, que aborda o método padrão para teste de resistência à tração e módulo de Young de fibras, e a norma ASTM D638,

sendo esta a norma que mostra o método padrão para o teste de propriedades de tração de plásticos (AFINKO, 2017; SCHACKELFORD, 2008).

Outro tipo de ensaio é o de impacto, que consiste em aplicar uma carga pela queda de um pêndulo, de uma certa altura, sobre um corpo de prova com ou sem entalhe (no caso do Izod). Este ensaio possui a finalidade de determinar a propriedade de resistência ao impacto e à tenacidade (i.e., o quanto o material absorve de energia até fraturar), sendo um dos primeiros ensaios a serem feitos na seleção de materiais (ASHBY, 2015). Além disso, ele é normatizado, principalmente, pela ASTM D256, ASTM D4812 e ASTM D6110, que especificam o padrão para se determinar a resistência ao impacto, o padrão para a resistência ao impacto em corpos de provas não entalhados e o padrão para se determinar a resistência ao impacto de Charpy em amostras entalhadas, respectivamente (AFINKO, 2017; CALLISTER, 2008).

Por fim, o ensaio de flexão consiste na aplicação de uma carga em uma parte do corpo de prova com geometria padronizada para, assim, determinar a resistência à flexão, o módulo de elasticidade e a deformação sob flexão, sendo estas propriedades importantes para o controle de qualidade dos materiais (ASHBY, 2015). Este ensaio é normatizado pela ASTM C158, método para determinação do módulo de ruptura, e pela ASTM D790, método para teste padrão para propriedades de ensaio de flexão (AFINKO, 2017).

Desta forma, para a escolha de um material para aplicação na confecção de armários corta-fogo, é necessário um conhecimento de base sobre as diversas opções de materiais e suas características mecânicas, como módulo de elasticidade, resistência à fratura, e as térmicas. É muito importante, portanto, conhecer o aspecto global do tema, levando-se em conta comportamento mecânico, térmico e a disponibilidade de recursos financeiros para se fazer uma escolha adequada (ASHBY, 2015).

3 METODOLOGIA

A primeira etapa desta pesquisa consistiu em uma extensa revisão bibliográfica sobre compósitos de um aço com um material isolante, ambos já utilizados normalmente na confecção de armários corta-fogo, e demais materiais utilizados em outras estruturas submetidas a estresses físicos e térmicos. Para a orientação nas escolhas dos materiais e de uma metodologia adequada para se alcançar os objetivos deste estudo foram

acionadas colaborações com demais docentes do CECS, dentre estes a Profa. Dra. Mathilde Chapeau e a Profa. Dra. Renata Ayres.

Assim sendo, dois tipos de materiais metálicos e três de materiais isolantes foram selecionados. Para a parte metálica do conjunto foram escolhidos o aço carbono (suave) e o galvanizado. O aço carbono de baixo teor de carbono, conhecido como aço suave, é muito utilizado nestas circunstâncias, sendo encontrado tanto em forma de placa como em vigas estruturais, e possui altas valores de resistência mecânica, suportando até 600°C. O aço galvanizado possui também utilização em construção civil, sendo utilizado principalmente nos ambientes que pedem materiais mais resistentes à corrosão. Possui ainda alta resistência a esforços mecânicos, além de suportar temperaturas de até aproximadamente 815°C (POMBO, 2014; CALDAS 2008).

Em relação aos materiais isolantes, o concreto, aqui selecionado, possui uma ampla utilização como isolante de vigas estruturais por possuir uma baixa condutividade e uma alta massa específica, ideal para isolamento, além de suportar até 600°C. Outro material isolante escolhido foi a borracha de silicone, sendo esta um polímero inorgânico-orgânico com grande utilização no isolamento de cabos de rede elétrica, uma vez que é resistente a temperaturas extremas (trabalhando na faixa de -65°C a 300°C). A fibra de vidro, por sua vez, ajuda no maior isolamento, sendo um ótimo material isolante por ser produzido em altas temperaturas a partir da associação entre a sílica e o sódio. Suas principais características são a sua facilidade de manipulação, ser incombustível, não deteriorável e que pode ser até 60% reciclável. Se ele for combinado com produtos sem resina, como o concreto, apresenta capacidade de suportar até 450°C e ser utilizado na prevenção de incêndios (COSER, 2009; CALLISTER, 2008, CALDAS, 2008).

Devido às circunstâncias causadas pela pandemia do COVID – 19, a metodologia inicialmente proposta no começo desta pesquisa sofreu adequações, uma vez que não foi possível a utilização da estrutura dos laboratórios da UFABC para realizar os testes mecânicos e térmicos. Em visto disto, análises inicialmente projetadas para serem realizadas em laboratório foram adaptadas para a sua realização em ambiente virtual (softwares) ou tomando como base a literatura publicada.

Em primeiro lugar foi construído um protótipo no software Inventor 2021 do armário corta-fogo para a análise de tensão. Deste modo, foram construídos os lados do armário com duas placas de aço de 2cm cada e duas camadas de isolantes, com 1cm cada,

totalizando 6cm de espessura, conforme orientado pela norma NR 20 que condiciona os armários corta-fogo a apresentar uma espessura de no mínimo 4cm (Figura 1).

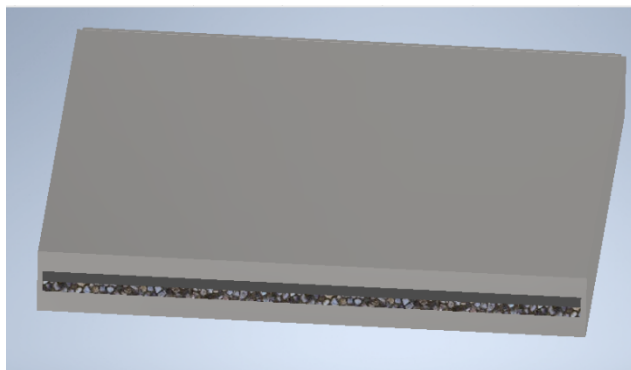


Figura 1. Configuração da lateral do protótipo do armário corta-fogo.

Uma vez projetadas as laterais, foi possível projetar, no mesmo software, um compartimento do tipo box com seis placas de 50 x 50cm (quatro placas laterais, uma placa inferior e uma superior). Com os protótipos montados (Figura 2), a análise mecânica de tensão foi realizada por uma análise de elementos finitos, tendo como parâmetro a Tensão de Von Mises, o deslocamento do material com a aplicação da força e o fator de segurança, no software Inventor 2021, sendo que para a força aplicada sobre o material, foi considerado um corpo de 200 kg caindo sob o armário, resultando em uma força de impacto de 8829N. A Tensão de Von Mises leva em consideração a energia necessária para que ocorra uma mudança na forma do elemento e, assim, quando o material estiver sofrendo esforços mecânicos, há uma tendência a um maior armazenamento da energia internamente, deformando-o e sendo, portanto, um fenômeno bastante significativo em materiais dúcteis como o aço e o silicone aqui utilizados. Assim, no caso da análise de elementos finitos, se a tensão máxima de Von Mises for menor que a tensão de escoamento do material, o material não sofrerá rompimento e deformações plásticas (HIBBELER, 2000; GUILHERME, 2016). Para a análise da resistência térmica utilizou-se a base de dados da literatura.

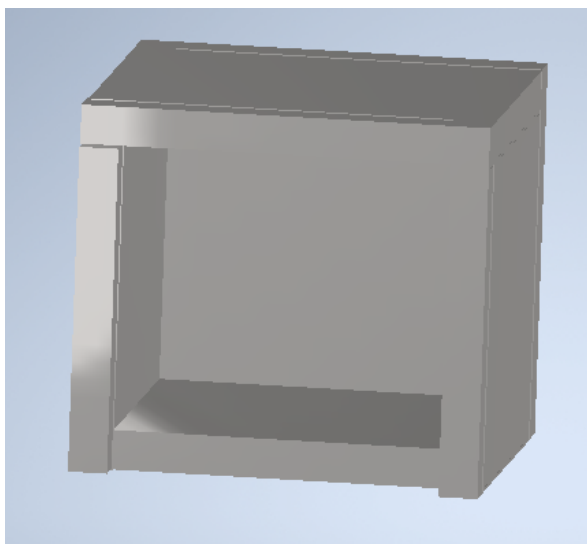


Figura 2. Montagem final do armário, mostrando o seu interior.

Após a realização dos testes mecânico e térmico, os resultados foram comparados e, assim, foram selecionados como ideais aqueles materiais que possuíram as melhores características mecânicas e térmicas, atreladas com um bom custo benefício. Os materiais, portanto, que apresentaram melhor desempenho nas categorias citadas foram indicados como mais adequados para a confecção de armários corta-fogo que possam albergar itens de coleções zoológicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais escolhidos foram combinados entre si, formando quatro tipos de protótipos (Tabela 1) para as análises de tensão (Figuras 3-6, Tabelas 2-5).

Tabela 1. Materiais dos quatro protótipos construídos

Protótipo	Material metálico	Materiais isolantes
1	Aço galvanizado	Concreto e fibra de vidro
2	Aço galvanizado	Concreto e borracha de silicone
3	Aço suave	Concreto e fibra de vidro
4	Aço suave	Concreto e borracha de silicone

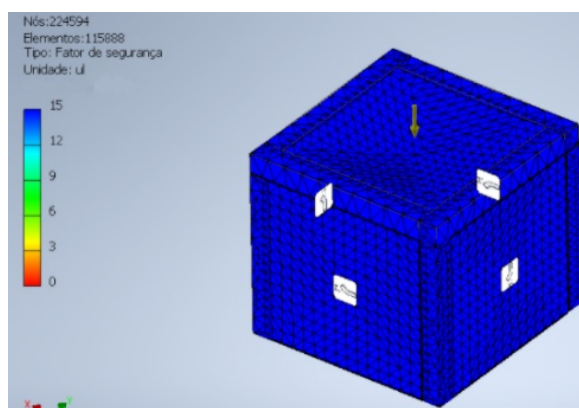
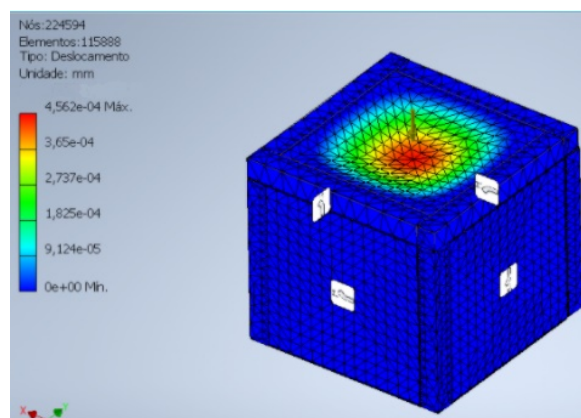
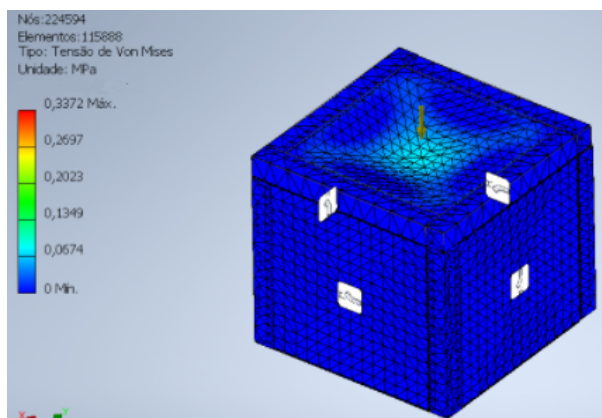
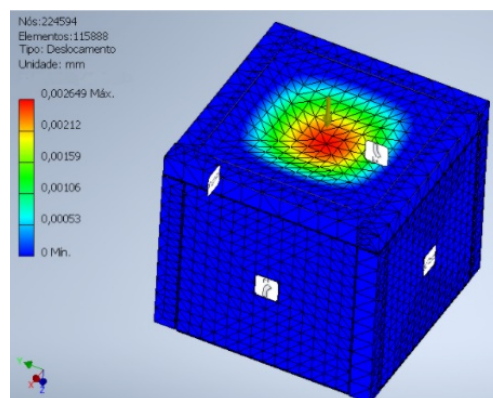
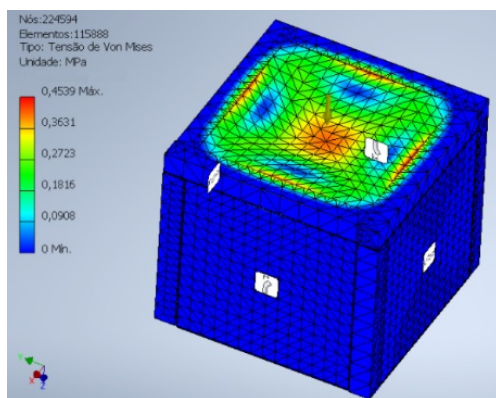


Figura 3. Análise de tensão para o protótipo 1. a) Tensão de Von Mises, b) deslocamento, c) fator de segurança.

Tabela 2. Valores máximos dos indicadores analisados no protótipo 1.

Tensão Máxima	Deslocamento máximo	Fator de segurança
0,337 MPa	$4,56 * 10^{-4}$ mm	15 ul



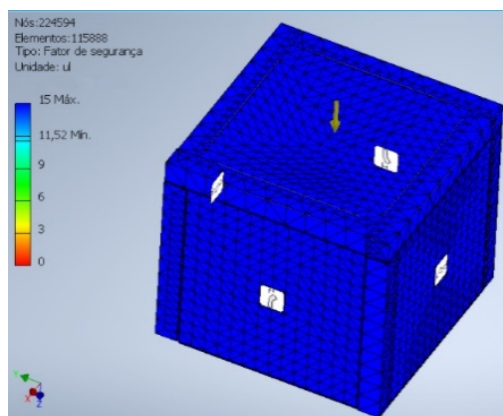


Figura 4. Análise de tensão para o protótipo 2. a) Tensão de Von Mises, b) deslocamento, c) fator de segurança.

Tabela 3. Valores máximos dos indicadores analisados no protótipo 2.

Tensão Máxima	Deslocamento máximo	Fator de segurança
0,454 MPa	0,00265 mm	15 ul

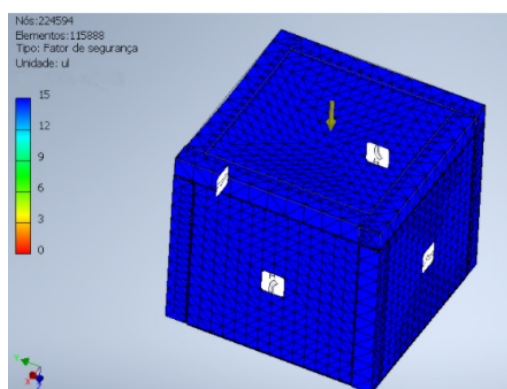
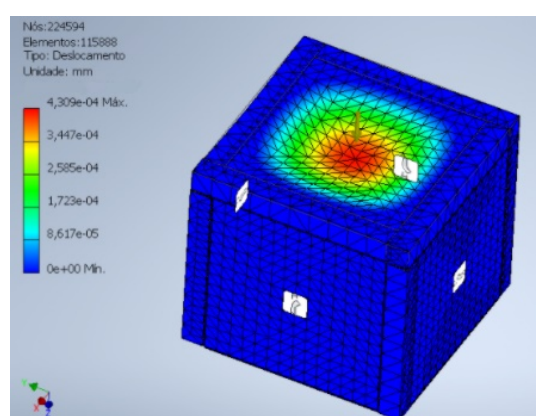
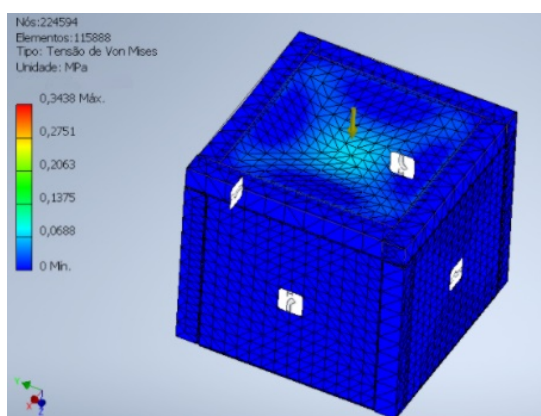


Figura 5. Análise de tensão para o protótipo 3. a) Tensão de Von Mises, b) deslocamento, c) fator de segurança

Tabela 3. Valores máximos dos indicadores analisados no protótipo 3.

Tensão Máxima	Deslocamento máximo	Fator de segurança
0,344 MPa	$4,31 * 10^{-4}$ mm	15 ul

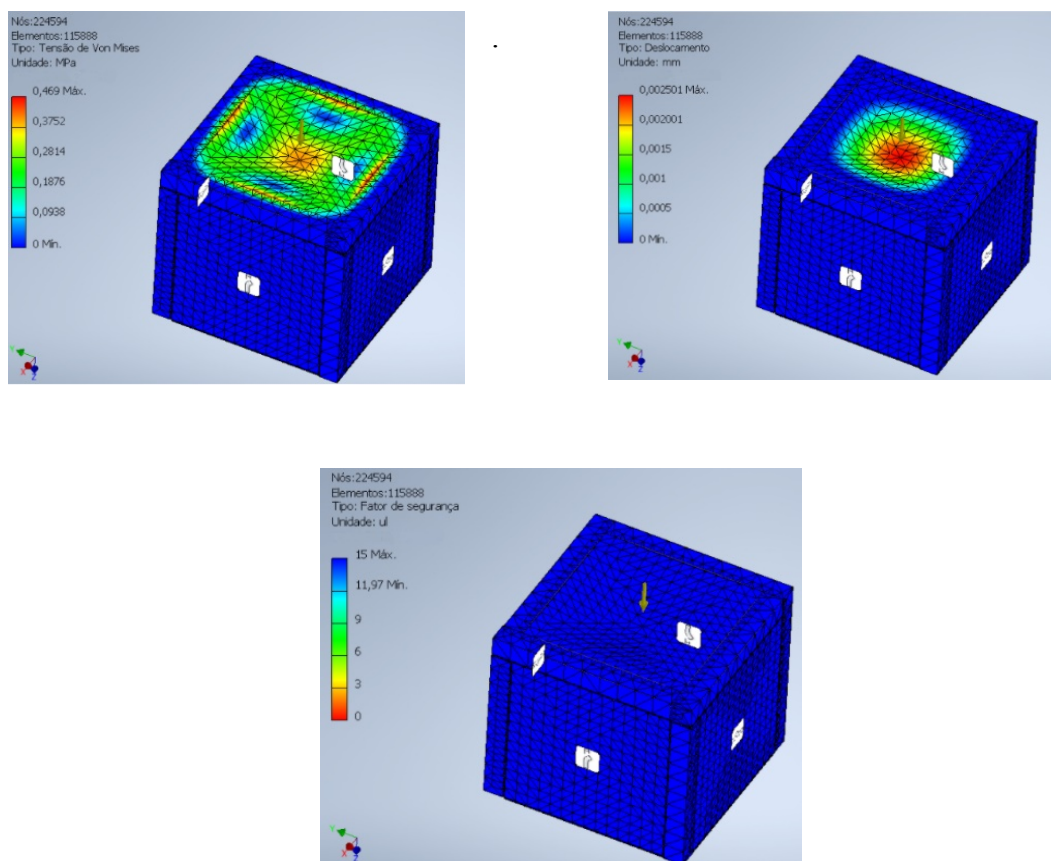


Figura 6. Análise de tensão para o protótipo 4. a) Tensão de Von Mises, b) deslocamento, c) fator de segurança.

Tabela 5. Valores máximos dos indicadores analisados no protótipo 4.

Tensão Máxima	Deslocamento máximo	Fator de segurança
0,469 MPa	0,0025 mm	15 ul

Começando a análise pelo fator de segurança, o qual relaciona o limite de carga de trabalho e a carga de ruptura mínima, observa-se que nos quatro testes todos os materiais sinalizaram a cor azul ao longo de seu comprimento, o que indica que, nas condições propostas, os quatro projetos foram bem sucedidos (ROSSETO, 2013).

Conforme retirado da biblioteca de matérias do Inventor, o limite de escoamento dos materiais dúcteis utilizados na construção dos quatro protótipos é de 207 MPa para o aço suave e o aço galvanizado, 2,41 MPa para o concreto, e 10,34 Mpa para o silicone. Desse modo, comparando-se os valores de deformação da literatura com os apresentados nas tabelas de 2 a 5, observa-se que todos possuem os valores de limite de escoamento maiores do que de Von Mises, o que indica, portanto, que os materiais não sofrerão rompimento e deformações plásticas. Todavia os projetos 1 e 3 possuem os menores valores para Von Mises, além de possuírem valores mais baixos também para o deslocamento que o material sofre ao receber o esforço mecânico, o que estaria mais dentro da condição ideal para o objetivo de salvaguardar as coleções zoológicas em seu interior (HIBBELER, 2000; GUILHERME, 2016).

Em relação à resistência mecânica, os protótipos 1 e 3, feitos com os mesmos materiais isolantes (concreto e fibra de vidro), foram o que mais atenderam ao objetivo da pesquisa. No entanto, em relação à resistência térmica, o protótipo 1, feito com aço galvanizado, concreto e fibra de vidro, apresentaria maior resistência ao calor, o que advém do fato de que um bom isolamento térmico está diretamente associado a um material com um alto calor específico e uma baixa condutividade térmica (VIEIRA ET AL., 2018). Na biblioteca de materiais do Inventor os dois aços possuem o mesmo calor específico, embora o aço galvanizado possua uma condutividade térmica menor (45000 w/(m.k)) quando comparado com a do aço suave (53000 w/(m.k)). Logo, o primeiro seria um melhor isolante, além de apresentar materiais isolantes que suportam até aproximadamente 500°C (CALDAS, 2008).

5 CONCLUSÕES

Os aços galvanizados, com concreto e fibra de vidro para o isolamento interno, mostraram-se mais eficientes para a constituição de armários corta-fogo, tornando-os inclusive mais viáveis financeiramente para salvaguardar as coleções depositadas nas coleções zoológicas das instituições públicas do país, que estão sofrendo precarização devido ao corte de verbas e ao descaso a ciência no país.

6. CRONOGRAMA

Devido às circunstâncias causadas pela pandemia do COVID-19, o planejamento estipulado no começo do projeto sofreu adequações necessárias para atender aos objetivos propostos no presente relatório (Tabela 6).

Tabela 6. Cronograma geral de execução do Projeto, com as atividades que foram realizadas durante 2019-2020.

Atividades Previstas	2019					2020									
Meses	AG O	SE T	OU T	NO V	DE Z	JA N	FE V	MA R	AB R	MA I	JU N	JU L	AG O	SE T	
Revisão Bibliográfica															
Relatório Parcial															
Análise de elementos finitos															

[illegible]

REFERÊNCIAS

AFINKO. Ensaios Mecânicos. Soluções em Polímeros. São Paulo, 2017 Disponível em:
<<https://afinkopolimeros.com.br/servicos/ensaios-laboratoriais/ensaios-mecanicos/>>

Acesso em 03 março 2020.

ASHBY, M. Materials and Sustainable Development -1ª Edição, 2015.

ASTM C1557- 20. Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers.
Disponível em<<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C1557-03.htm>>

Acesso 03 março 2020.

ASTM D638 – 14. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Disponível em: <https://www.astm.org/Standards/D638> > Acesso 03 março 2020.

ASTM D256 – 14. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Disponível em<<https://www.astm.org/Standards/D638>> Acesso 03 março 2020.

ASTM D4812 - 19. Standard Test Method for Unnotched Cantilever Beam Impact Resistance of Plastics. Disponível em< <https://www.astm.org/Standards/D256>> Acesso 03 março 2020.

ASTM D6110 – 18. Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/D6110.htm>> Acesso 03 março 2020.

BLAYA, M. D. 2017. Proteção, Prevenção e Combate a Incêndios Aplicados em Museus: Um guia para o Museu Educativo Gama d'Eça e Victor Bersani. Dissertação de Mestrado, Santa Maria, RS. 113 P.

CALDAS, R.B.; *Análise Numérica de Estruturas de Aço, Concreto e Mistas em Situação de Incêndio*. UFMG, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/PASA-7NPGE6/1/tesecaldas2008.pdf>>. Acesso 03 setembro 2020.

CALLISTER, W.D.; Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução, Editora LTC -7ª Edição, 2008.

COSER, E. Caracterização da borracha de silicone utilizada em isoladores para rede elétrica. UFRGS, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17623/000720115.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso 20 julho 2020.

CUNHA. Ciência- o que o Brasil perdeu com o incêndio do Museu Nacional. Disponível em: <<https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/ciencia-o-que-o-brasil-perdeu-com-o-incendio-do-museu-nacional.htm>> Acesso em 14 abril 2019.

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, E. T.G. Princípios e aplicações da análise térmica. USP-São Carlos. Disponível em<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35704687/GabrielaBuenoDenari_Revisado_Anexo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555283895&Signature=n589hNrYi5%2FrBy997IfD82muXsM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPRINCIPIOS_E_APLICACOES.pdf> Acesso 14 abril 2019.

FREIRE, E.; MONTEIRO, E. E. C.; CYRINO, J.C.R. Propriedades mecânicas de compósitos de polipropileno com fibra de vidro. Revista Polímeros, volume 4. Disponível em:<<https://www.revistapolimeros.org.br/article/588371377f8c9d0a0c8b47b4>> Acesso em: 14 de fevereiro 2020.

GUILHERME, J.; Análise de Tensões. ENSUS, 2016. Disponível em:<<https://ensus.com.br/analise-de-tensoes/>> Acesso em: 10 de agosto 2020.

HIBBELER, R.C. Resistência dos Materiais, 3.º Ed., Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.

INVENTOR. Biblioteca de materiais. Autodesk, versão 2021.

MARINO, L. F. B.; BOSCHI, A. O.; A Expansão Térmica de Materiais Cerâmicos: Parte I Introdução, Aplicação e Composição da Massa, Cerâmica Industrial 3,½, 17-21,1998.

MENDES, José Amado. 1999. O papel educativo dos museus: evolução histórica e tendências actuais. Didaskalia XXIX, Fasc. 1 e 2: 667-692.

Norma Regulamentadora NR23 – Proteção Contra Incêndios, 2010. Disponível em< <https://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr23.htm>> Acesso 08 fevereiro 2020.

POMBO, G.F.P.R.; Resistência de ligações em aço sujeitas ao fogo. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2014. Disponível em:< https://run.unl.pt/bitstream/10362/14245/1/Pombo_2014.pdf> Acesso 12 junho 2020.

ROSSETO, D. R.; Análise estrutural pelo método de elementos finitos de mastro da sonda de perfuração/produção de poços de petróleo. Mestrado em Engenharia. UFRGS, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96470/000911585.pdf;jsessionid=9FECB5784BC586CC4BC39E2A2DE4A18A?sequence=1>>

SANTOS, G.A.; Tecnologia dos Materiais Metálicos, Editora Érica-1ª Edição, 2015

SCHACKELFORD, J.F.; Ciência dos Materiais. Editora Persson Prentice Hall -6ª Edição, 2008.

SILVA, M. C. S. M. Segurança de Acervos Culturais. Museu de Astronomia e Ciências Afins. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em< www.estantevirtual.com.br > Acesso 15 janeiro 2020.

TURRER, C. L.; FERREIRA, F. P.M. . Biomateriais em Cirurgia Craniomaxilar: princípios básicos e aplicações - revisão de literatura. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica. Disponível em: <<http://www.rbcp.org.br/details/419/pt-BR>>. Acesso 14 abril 2020.

VIEIRA, L.L; SILVA, R.S.Y.R.C; BEZERRA, L.M.; OLIVEIRA, T.A.A.; Análise Computacional da Resistência ao Colapso Progressivo de Estruturas de Aço em Situação de Incêndio Natural. Universidade de Brasília, 2018. Disponível em:< https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Bonilla4/publication/331501606_ANALISE_COMPUTACIONAL_DA_RESISTENCIA_AO_COLAPSO_PROGRESSIVO_DE_ESTRUTURAS_DE_ACO_EM_SITUACAO_DE_INCENDIO_NATURAL/links/5c9d2cd1299bf111694dbb5d/ANALISE-COMPUTACIONAL-DA-RESISTENCIA-AO-

COLAPSO-PROGRESSIVO-DE-ESTRUTURAS-DE-ACO-EM-SITUACAO-DE-
INCENDIO-NATURAL.pdf>. Acesso 25 agosto 2020.

VLACK, L.H.V.; Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Campus Editora -4ª Edição, 1994.

ZAHER, H.; YOUNG, P.S. As Coleções Zoológicas Brasileiras: Panorama e Desafios. Revista Ciência e Cultura, 2003. Disponível em:
<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000300017> Acesso 03 de março 2020.

ZANOTTO, E.D.; MIGLIORE, A. R.. Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos: Uma introdução. Universidade Federal de São Carlos, 1991. Disponível em<
<http://www.lamav.ufscar.br/artpdf/c37m.pdf>> Acesso em: 16 abril 2020.