

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUILHERME BERTONI GUARDIA

**DESENVOLVIMENTO DE MOLDES PARA FABRICAÇÃO DE BASE
DE MÁQUINAS EM GRANITO SINTÉTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2017

GUILHERME BERTONI GUARDIA

**DESENVOLVIMENTO DE MOLDES PARA FABRICAÇÃO DE BASE
DE MÁQUINAS EM GRANITO SINTÉTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Akihide Ikegami

CORNÉLIO PROCÓPIO
2017



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE MOLDES PARA FABRICAÇÃO DE BASE DE MÁQUINAS EM GRANITO SINTÉTICO

POR

GUILHERME BERTONI GUARDIA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 15:30hrs do dia 29 de maio de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, linha de pesquisa – Processos de Fabricação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Rogério Akihide Ikegami
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Paulo César Moselli
(UTFPR)

Prof. Genésio Lopes da Silva
(UTFPR)

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Guilherme Bertoni Guardia

Dedico este trabalho aos meus pais, José Marcos e Valdirene e ao meu irmão Lucas pelo apoio e pela colaboração em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Rogério Akihide Ikegami pela paciência e por dedicação do seu tempo que conseguisse realizar este trabalho.

Aos demais professores por terem de maneira direta ou indireta ajudado a concluir essa etapa da minha vida.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ter me proporcionado a oportunidade de realizar esta graduação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação.”

(Carl Sagan)

RESUMO

GUARDIA, Guilherme Bertoni. **Desenvolvimento de moldes para fabricação de base de máquinas em granito sintético**. 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

Granito sintético ou granito-epóxi é conhecido por ser uma alternativa mais barata e de maior facilidade para fabricação que o granito natural, este muito utilizado no ambiente doméstico. Este trabalho busca aplicar as vantagens do granito sintético na fabricação de bases de máquinas para oficinas e laboratórios mecânicos como substituto para as bases de ferro fundido ou aço que são usadas na maioria dos casos. Este trabalho tratará apenas da criação de um modelo de molde modular de simples fabricação utilizando blocos de madeira para a confecção desta base de granito sintético.

Palavras-chave: Granito sintético. Granito-epóxi. Base de máquina. Vibração. Molde.

ABSTRACT

GUARDIA, Guilherme Bertoni. **Development of molds for manufacturing machine tool bases of synthetic granite.** 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

Synthetic granite or epoxy granite is known as a cheap and ease of manufacturing alternative than natural granite, this one widely used in the home environment. This paper seeks to apply the advantages of synthetic granite on the manufacturing of machine tool bases for workshops and mechanical laboratories as a substitute for cast iron and steel bases used on most cases. This paper will deal only with the model creation of a modular mold of simple manufacturing using wood blocks for the confection of this synthetic granite base.

Palavras-chave: Synthetic granite. Epoxy granite. Machine tool base. Vibration. Mold.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Base 1 (Equipamento de ensaio de vibração).....	15
Figura 2 – Base 2 (Equipamento de ensaio de vibração).....	16
Figura 3 – Base 3 (Equipamento de ensaio de vibração).....	16
Figura 4 – Croqui base 1.....	17
Figura 5 – Croqui base 2.....	18
Figura 6 – Croqui base 3.....	18
Figura 7 – Base 1 isométrica SOLIDWORKS.....	19
Figura 8 – Base 2 isométrica SOLIDWORKS.....	20
Figura 9 – Base 3 isométrica SOLIDWORKS.....	21
Figura 10 – Molde isométrico base 1	22
Figura 11 – Molde isométrico em corte base 1.....	22
Figura 12 – Molde frontal base 1.....	23
Figura 13 – Molde lateral base 1	24
Figura 14 – Molde isométrico base 2.	25
Figura 15 – Molde isométrico em corte base 2.....	25
Figura 16 – Molde frontal base 2.....	26
Figura 17 – Molde lateral base 2.....	27
Figura 18 – Molde isométrico base 3	27
Figura 19 – Molde frontal base 3.....	28
Figura 20 – Molde lateral base 3.....	29
Figura 21 – Identificação peças molde 1	30
Figura 22 – Identificação peças molde 2.....	31
Figura 23 – Identificação peças molde 3.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 FABRICAÇÃO DA BASE DE GRANITO SINTÉTICO.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	111
1.3 OBJETIVOS.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 GRANITO SINTÉTICO	13
2.2 PROJETO DO MOLDE	13
3 METODOLOGIA	15
3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS BASES	15
3.2 DIGITALIZAÇÃO DAS BASES	17
3.3 ELABORAÇÃO DOS MOLDES	21
3.4 MONTAGEM FINAL.....	32
4 CONCLUSÃO	34
5 REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Nos laboratórios e oficinas mecânicas na grande maioria se utilizam aço ou ferro fundido como bases para máquinas e equipamentos, porém estes materiais são de difícil manuseio devido ao peso e na maior parte são necessários ajustes para se adequar às necessidades de dimensionais dos equipamentos.

Outro grande problema das bases convencionais é a dificuldade de reparos caso sejam danificadas, sendo necessária algumas vezes a troca de toda a base. Em contraponto, uma base feita de granito sintético é mais leve, chegando em alguns casos a pesar um terço de uma base similar de ferro fundido, o granito sintético também tem a possibilidade de ser colado ou refundido caso seja danificada, eliminando assim custos para a fabricação de uma base nova.

O granito sintético também não é afetado por umidade, alcaloides e solventes comuns, também é utilizado para o amortecimento de vibrações (HOSSOMI; CARVALHO, 2008).

1.1 FABRICAÇÃO DA BASE DE GRANITO SINTÉTICO

O granito sintético é feito utilizando agregados de granito, geralmente restos do processo de corte do granito natural, estes agregados são triturados para se atingir o tamanho desejado, lavados e secos para a remoção de particulados que poderiam prejudicar a peça final.

Já com o molde pronto, mistura-se a resina epóxi com o catalizador que é despejada junto com o granito, mantendo-se a proporção desejada, enquanto o molde é agitado ou vibrado para melhor uniformização.

Após aguardar o tempo necessário de cura da resina epóxi, o molde é parcialmente desmontado para desenformar a base pronta com maior facilidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de materiais não convencionais para base de máquinas está aumentando, devido às bases de aço ou ferro fundido serem suscetíveis a ferrugem e desgaste por alcaloides e solventes comuns, terem custos de fabricação maiores, não terem um funcionamento suave quando submetidos à vibração, principalmente quando a precisão é algo de extrema importância para o resultado final, terem um elevado peso, o que dificulta o transporte.

Diante deste problema com as bases convencionais, surgiram diversas alternativas, uma delas o granito sintético, que é de fácil aquisição e também de baixo custo, além de suprir as falhas das bases convencionais. O projeto de um molde de simples construção e adaptação de um projeto para outro também influencia na agilidade de fabricação e na diminuição dos custos finais do projeto.

1.3 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo elaborar um modelo de molde para base de granito sintético utilizando do software SOLIDWORKS que seja de fácil e rápida construção, manuseio e de baixo custo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta sessão será dedicada a descrever resumidamente a teoria da fabricação do granito sintético e do projeto do molde para base de máquina.

2.1 GRANITO SINTÉTICO

O tamanho dos grãos de granito deve ser combinado para um melhor preenchimento do molde, evitando lacunas que poderiam acarretar em uma trinca posteriormente, também a proporção entre os grãos de granito e a resina epóxi pode mudar as propriedades mecânicas para que melhor se adequem às necessidades do projeto. Um resultado comum entre a maioria dos estudos para melhor fator de amortecimento são proporções de 80% à 90% de granito para 20% à 10% de resina epóxi, com estes grãos de granito variando entre 0.5 e 8 mm (MAHENDRAKUMAR; SYATHABUTHAKEER; MOHANRAM, 2014).

2.2 PROJETO DO MOLDE

Ao iniciar o desenvolvimento de um molde, deve-se ter todas as informações necessárias do produto final, de preferência um modelo físico ou digital para que não se perca tempo com a busca de dados não informados. Após uma avaliação do produto pelo projetista, este determinará onde será feito desenho do molde, qual software será usado, depois será avaliado o sistema de injeção do material no molde, para depois dar início ao desenho do molde.

Durante o desenho do molde, devem-se levar em consideração os recursos de montagem deste molde, determinar um roteiro a ser seguido para que facilite para o operador seguir as instruções de montagem. Detalhes são importantes para a confecção do molde, fornecendo o máximo de informações possíveis, sempre

com clareza, pois na maior parte dos casos, a montagem não será feita na presença do projetista (HARADA, 2004).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho iniciou-se com a identificação de três bases diferentes que serviram como modelos. Após isso foram obtidas as medidas dimensionais destas bases para posteriormente ser gerada uma versão digital das mesmas. Por fim foi elaborado o modelo de molde modular digital que preenche as necessidades para a confecção dessas bases.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS BASES

Para a realização desse trabalho, foram selecionadas as bases dos equipamentos representados pelas figuras 1 à 3, que tiveram suas dimensões coletadas e anotadas.

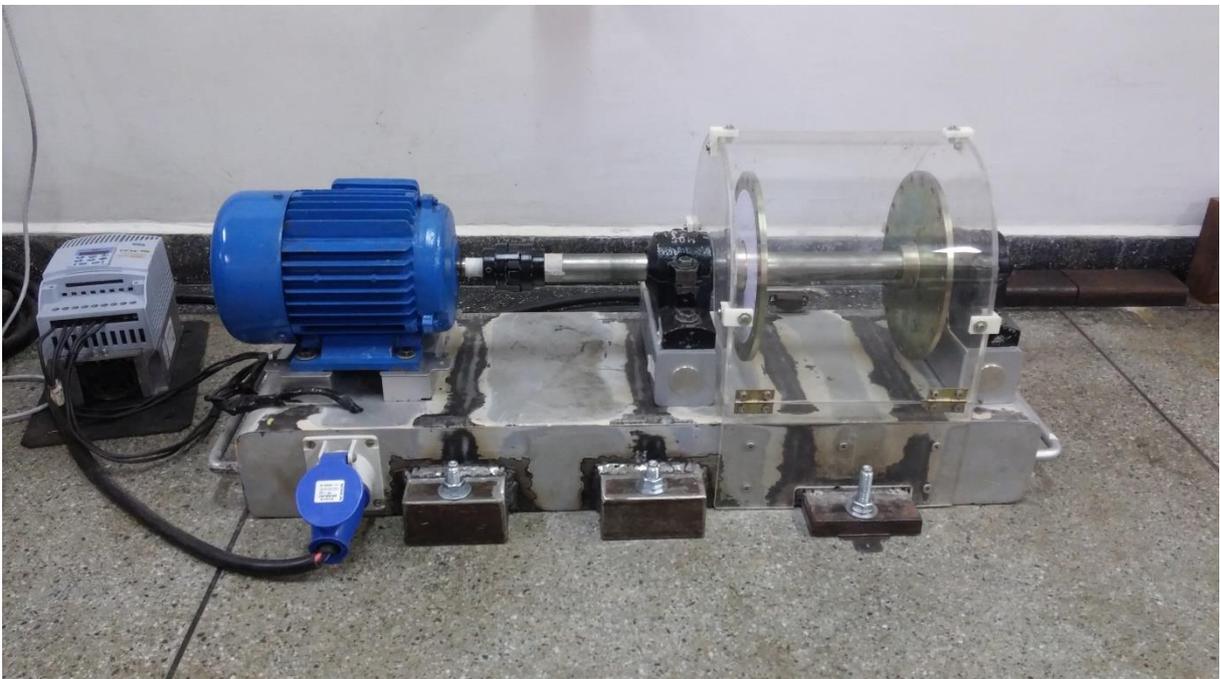


Figura 1 – Base 1 (Equipamento de ensaio de vibração)
Fonte: Autoria própria.

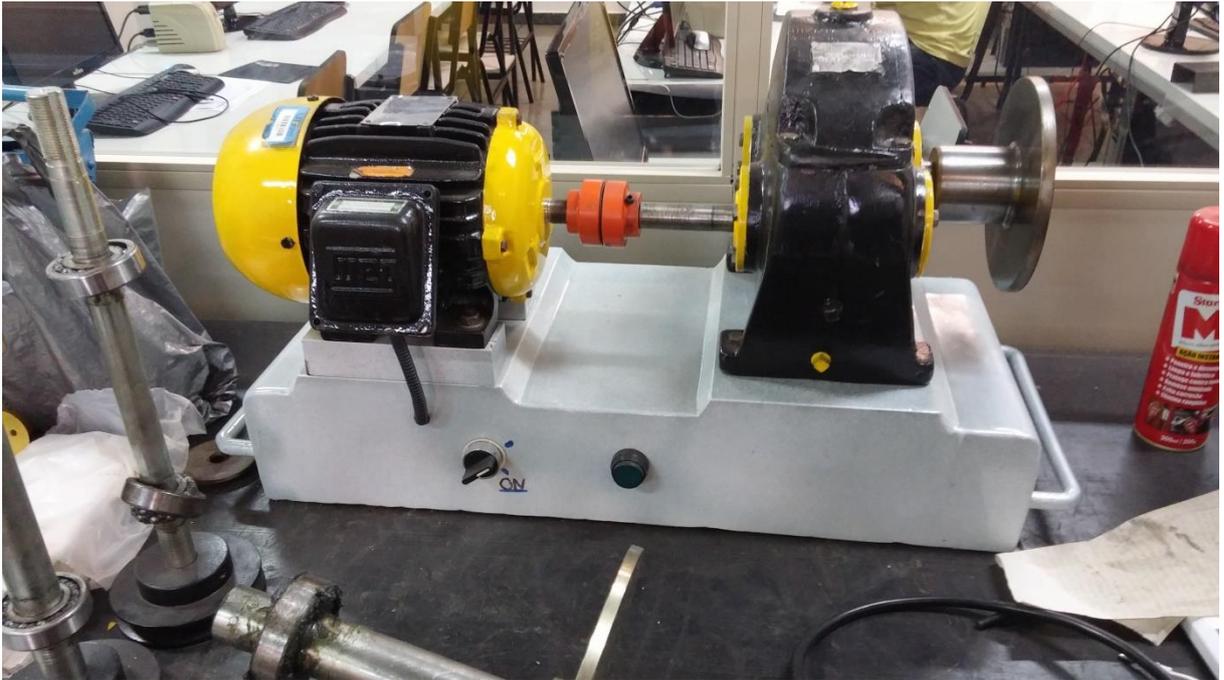


Figura 2 – Base 2 (Equipamento de ensaio de vibração)
Fonte: Autoria própria.



Figura 3 – Base 3 (Equipamento de ensaio de vibração)
Fonte: Autoria própria.

3.2 DIGITALIZAÇÃO DAS BASES

Utilizando as dimensões previamente coletas, foram gerados esboços utilizando o software SOLIDWORKS, representados pelas figuras 4 à 6 para posteriormente serem feitos os modelos tridimensionais destas bases.

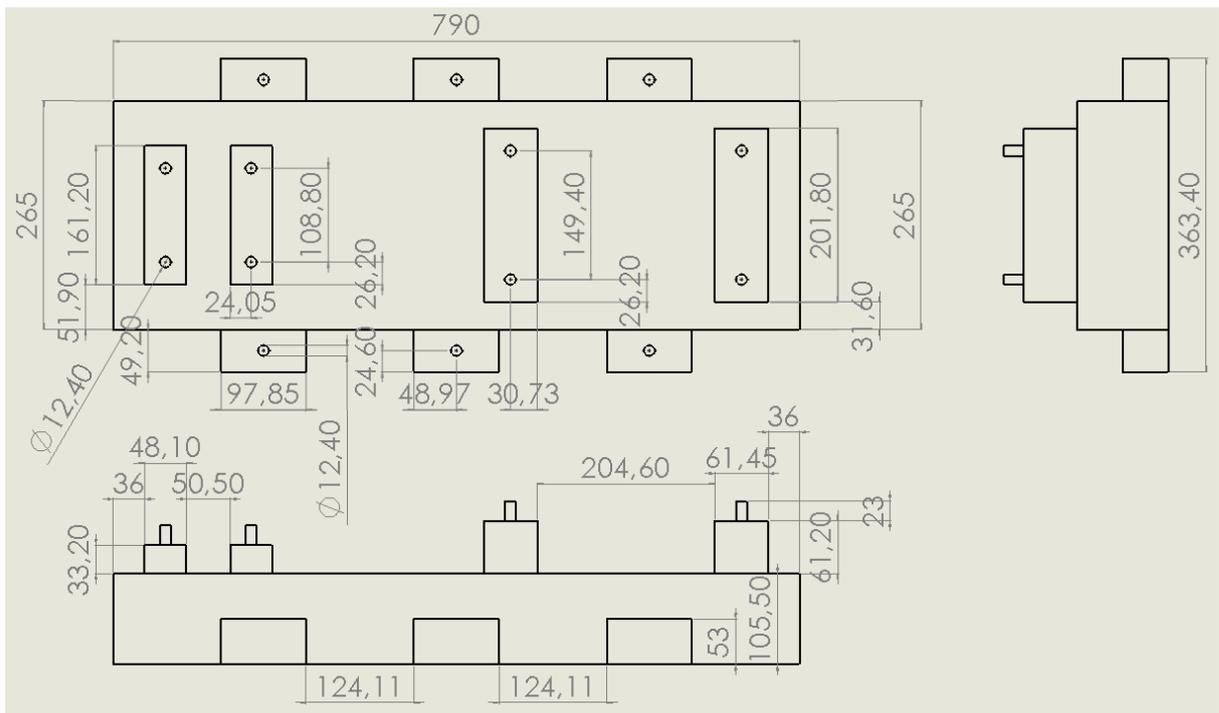


Figura 4 – Croqui base 1
Fonte: Autoria própria.

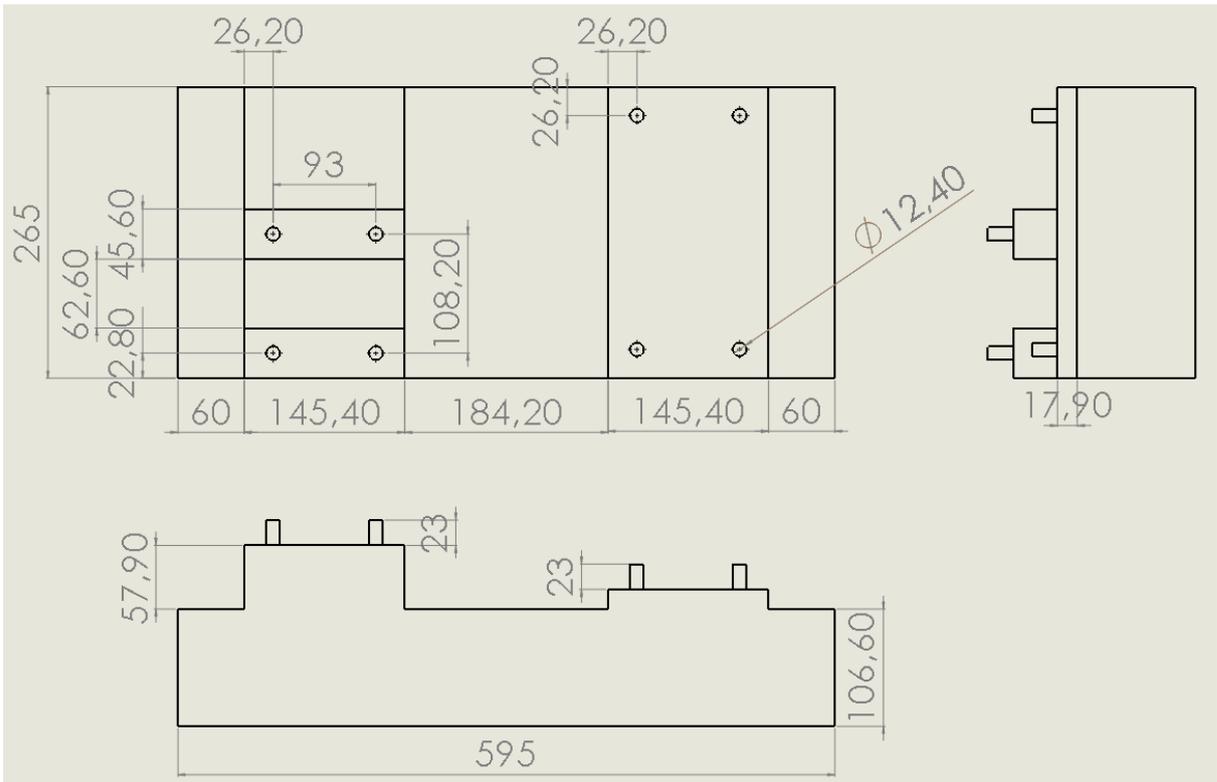


Figura 5 – Croqui base 2
Fonte: Autoria própria.

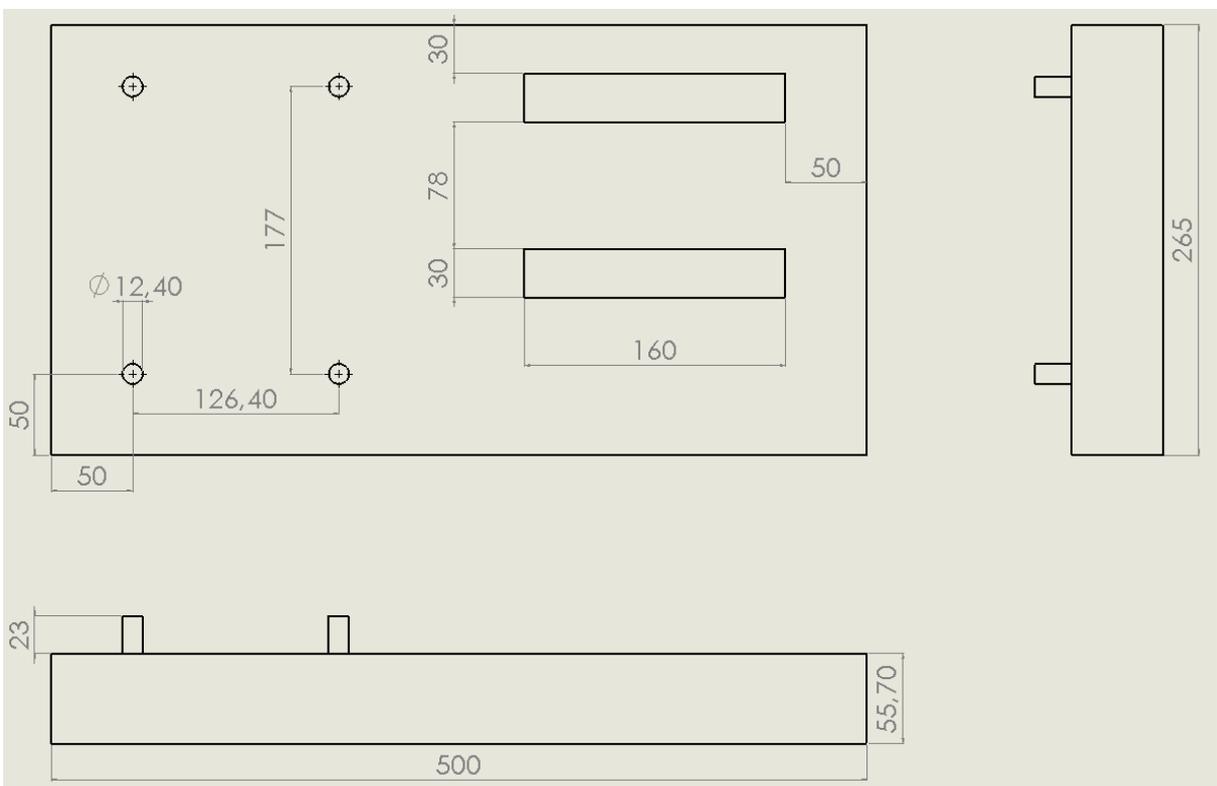


Figura 6 – Croqui base 3
Fonte: Autoria própria.

Após a digitalização das dimensões, foram gerados os modelos tridimensionais representados pelas figuras 7 à 9.

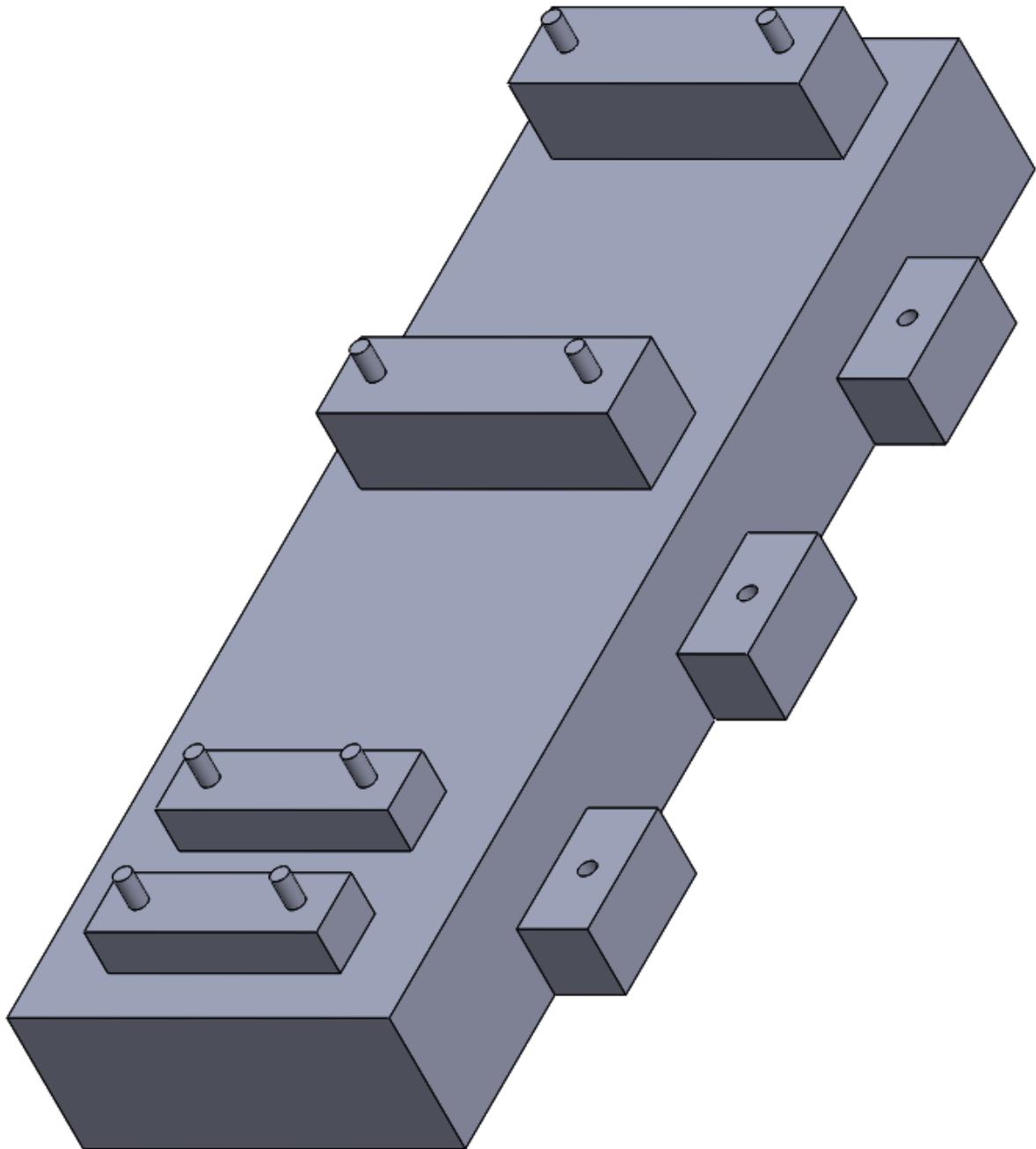


Figura 7 – Base 1 isométrica SOLIDWORKS
Fonte: Autoria própria.

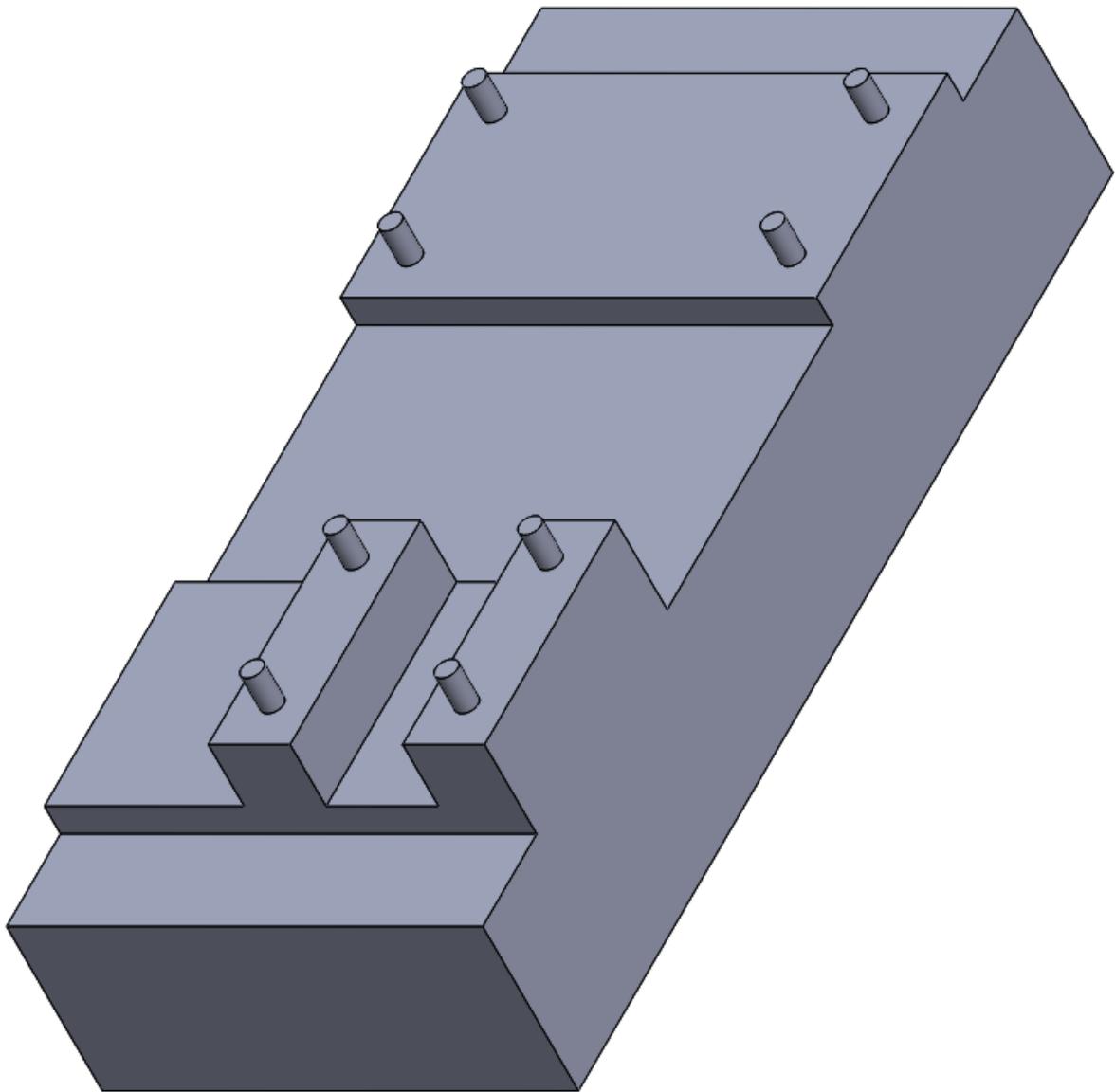


Figura 8 – Base 2 isométrica SOLIDWORKS
Fonte: Autoria própria.

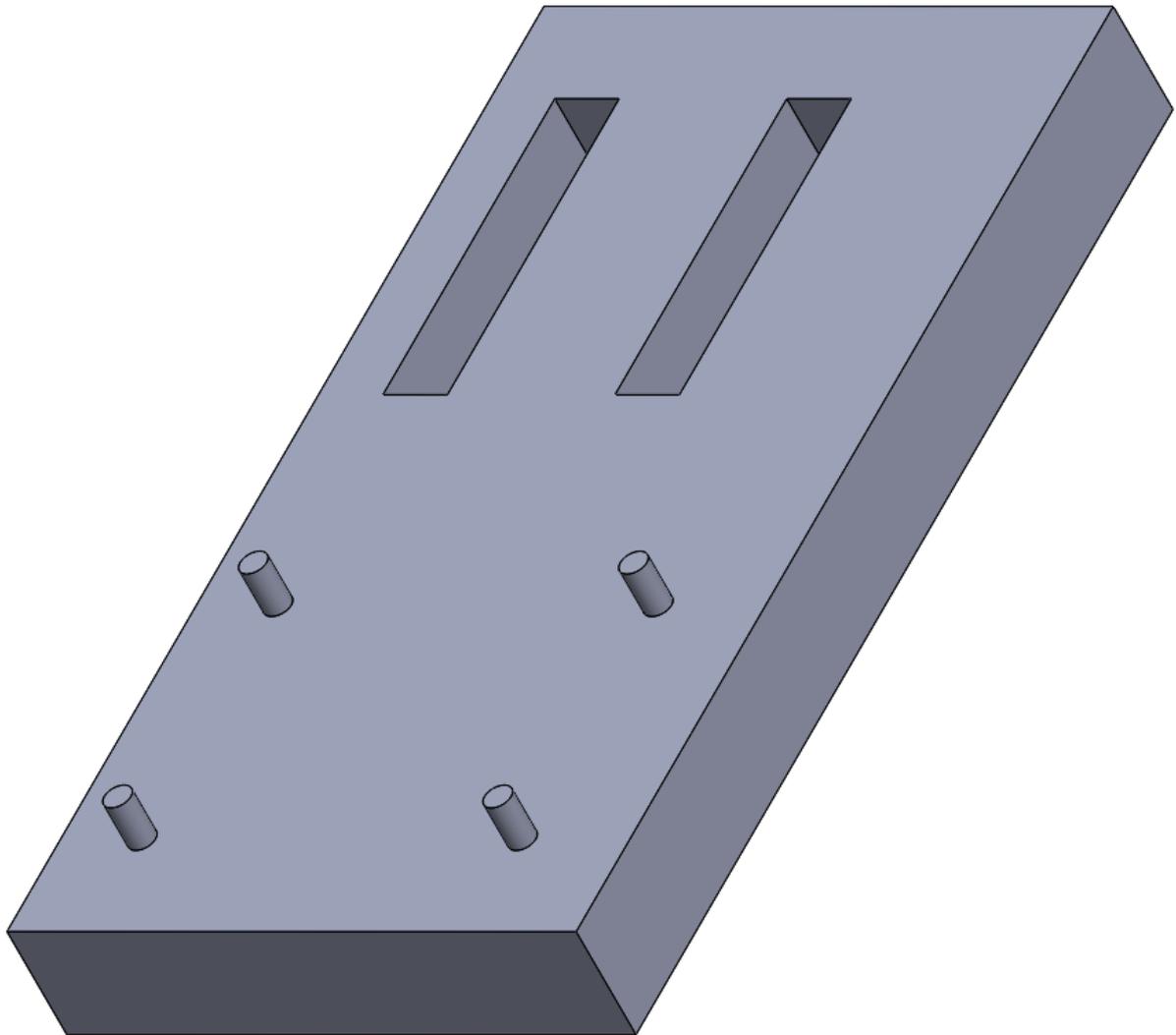


Figura 9 – Base 3 isométrica SOLIDWORKS
Fonte: Autoria própria.

3.3 ELABORAÇÃO DOS MOLDES

Os moldes devem ser planejados de forma simples e prática, por isso, foi elaborado um modelo onde se utilizaram blocos de geometria simples e planejados de maneira modular, favorecendo assim qualquer nível de habilidade do operador para a montagem. Nas figuras 10 à 20 estão representados os modelos finais dos moldes feitos no software SOLIDWORKS.

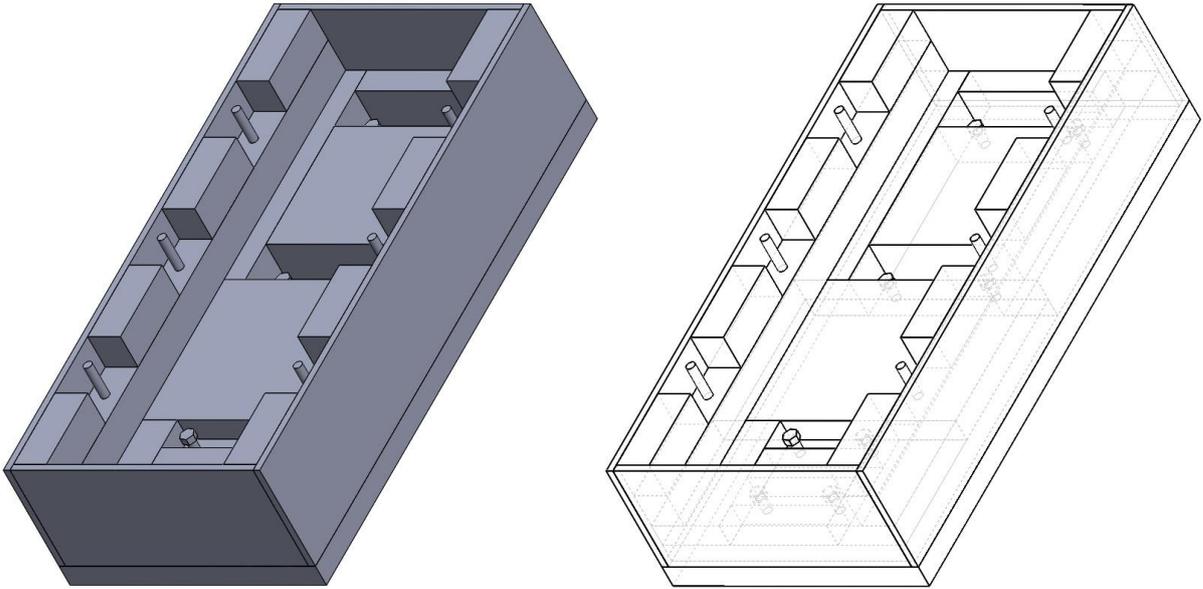


Figura 10 – Molde isométrico base 1
Fonte: Autoria própria.

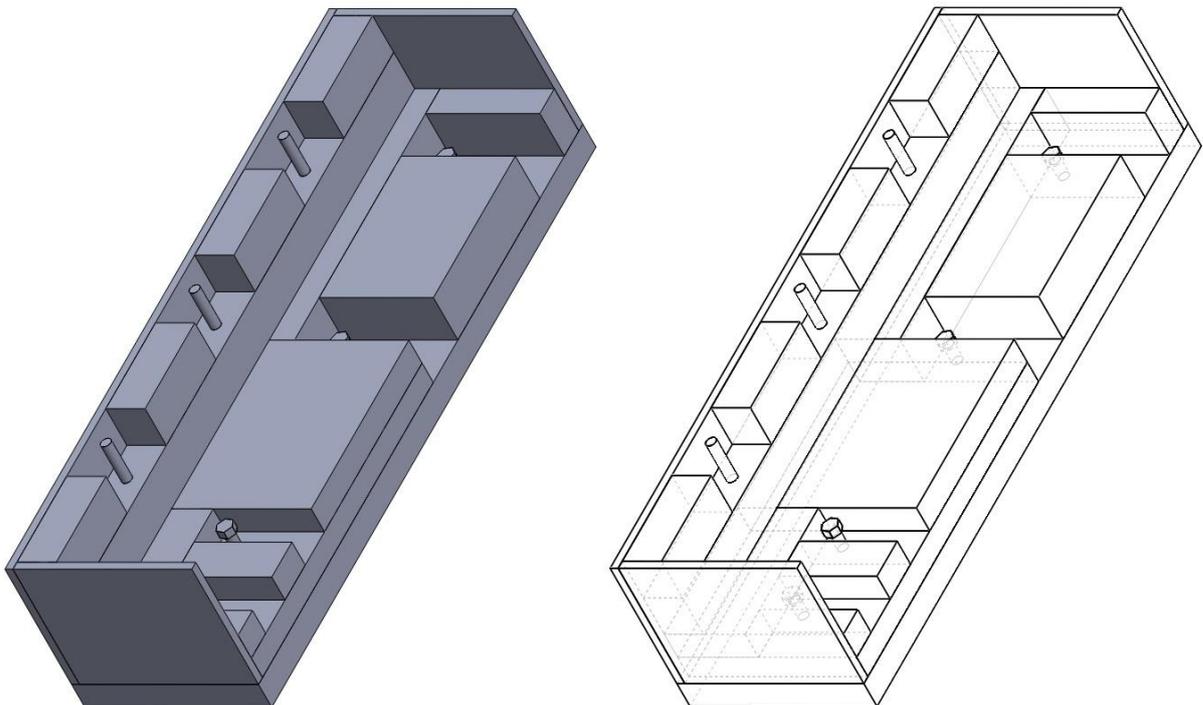


Figura 11 – Molde isométrico em corte base 1
Fonte: Autoria própria.

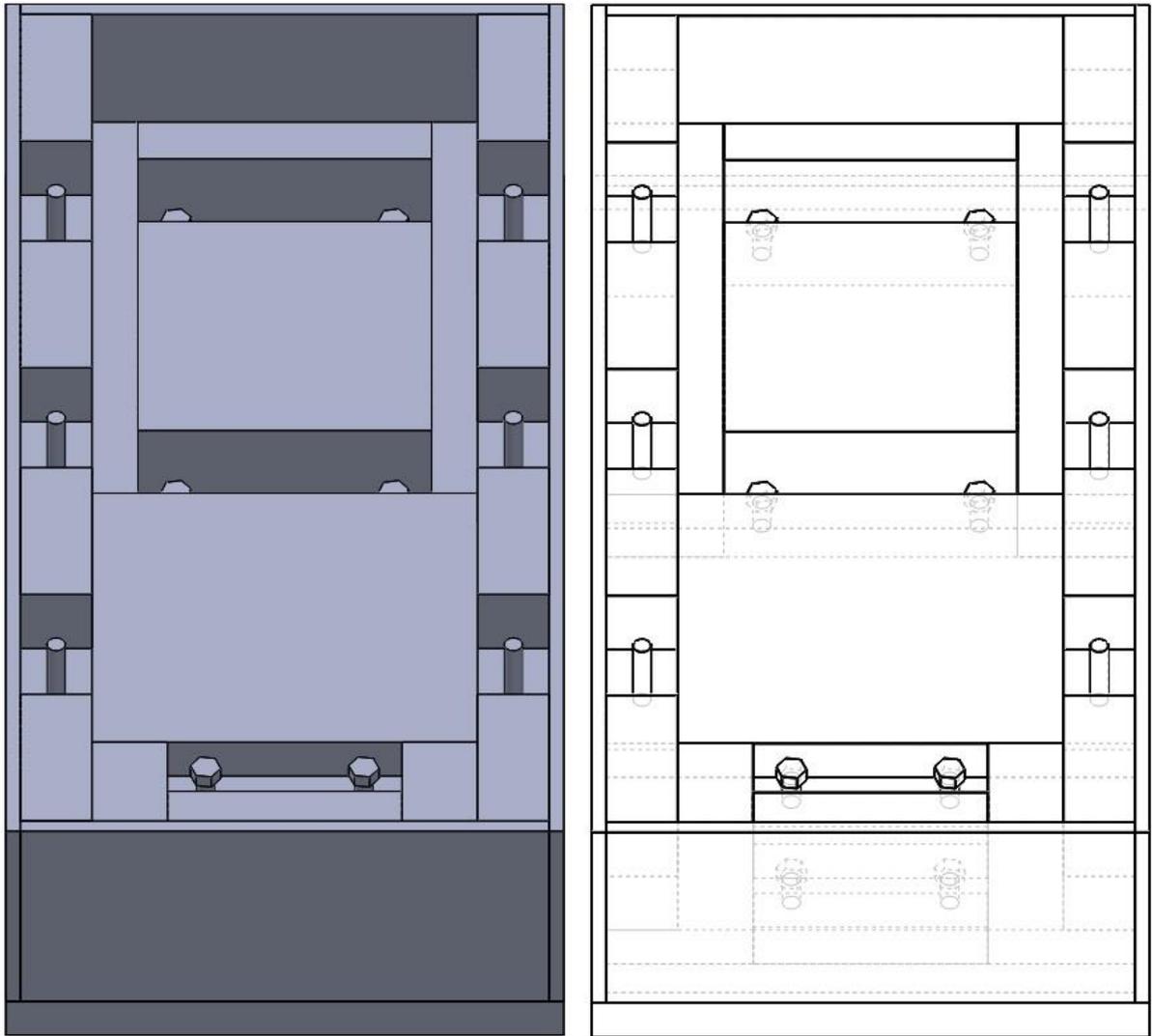


Figura 12 – Molde frontal base 1
Fonte: Autoria própria.

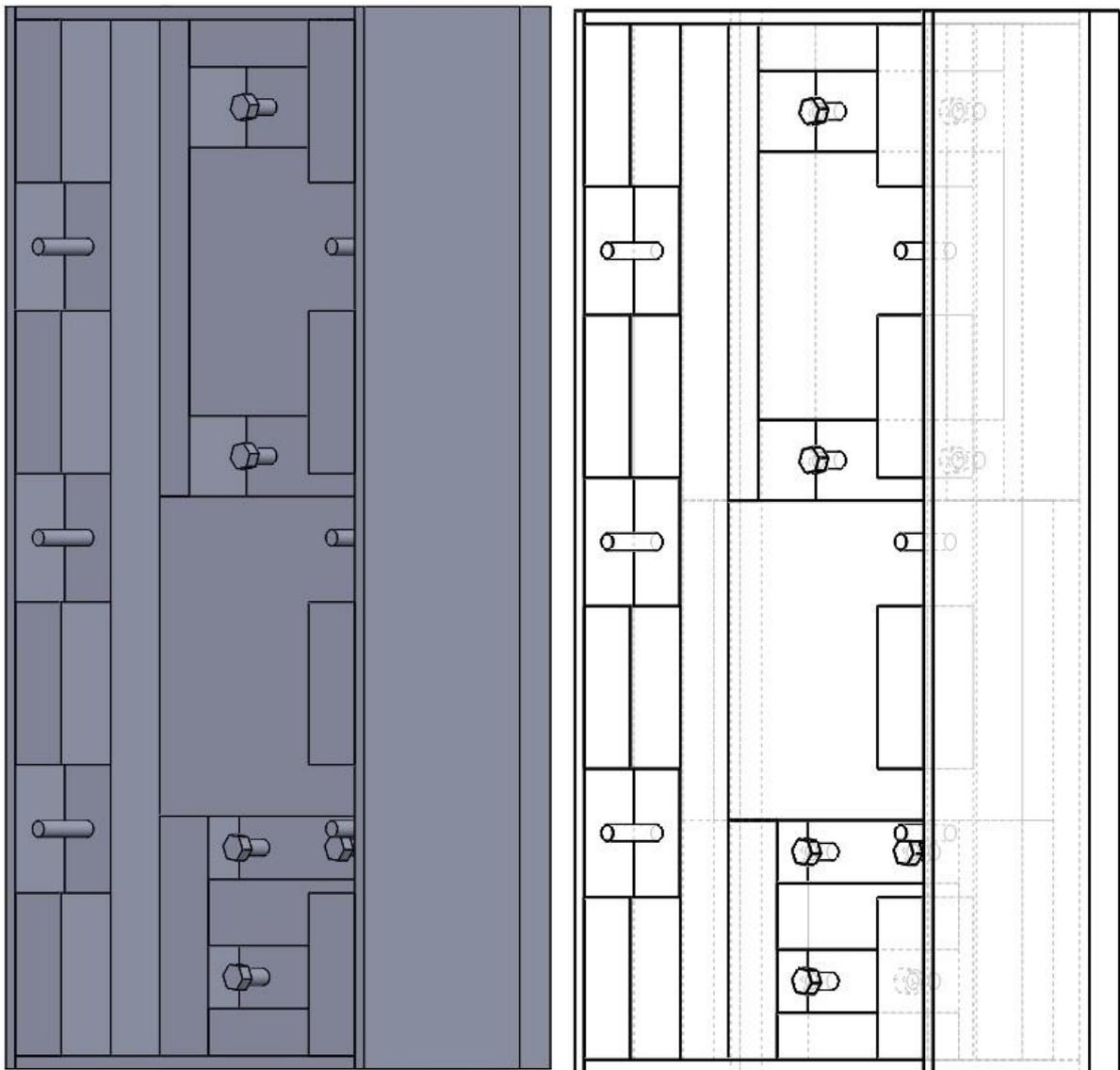


Figura 13 – Molde lateral base 1
Fonte: Autoria própria.

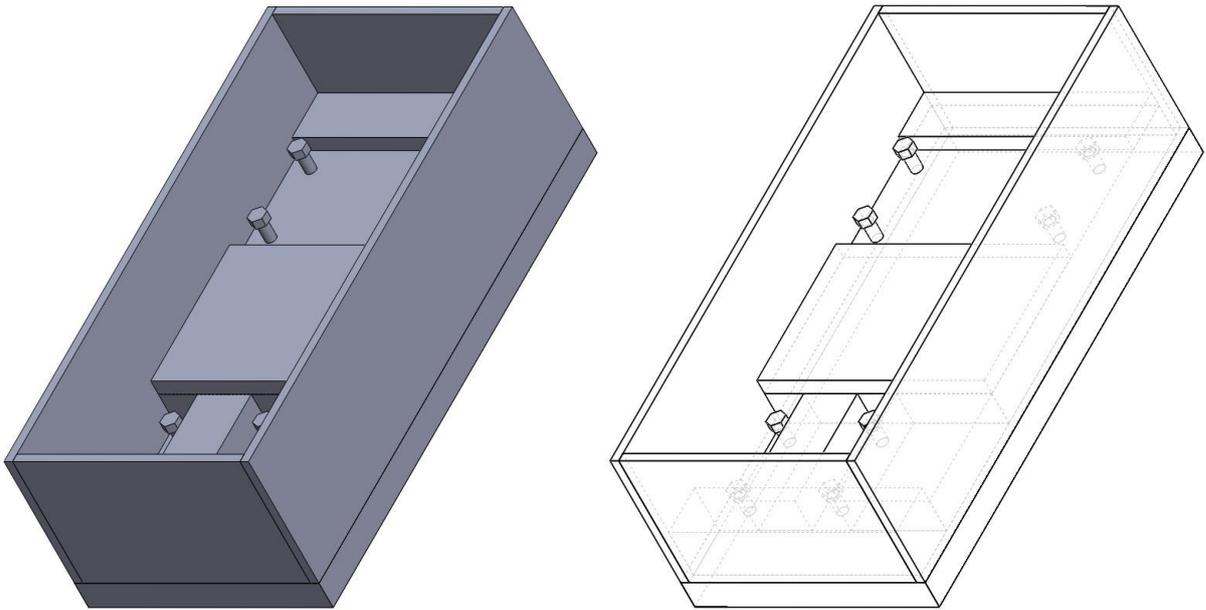


Figura 14 – Molde isométrico base 2
Fonte: Autoria própria.

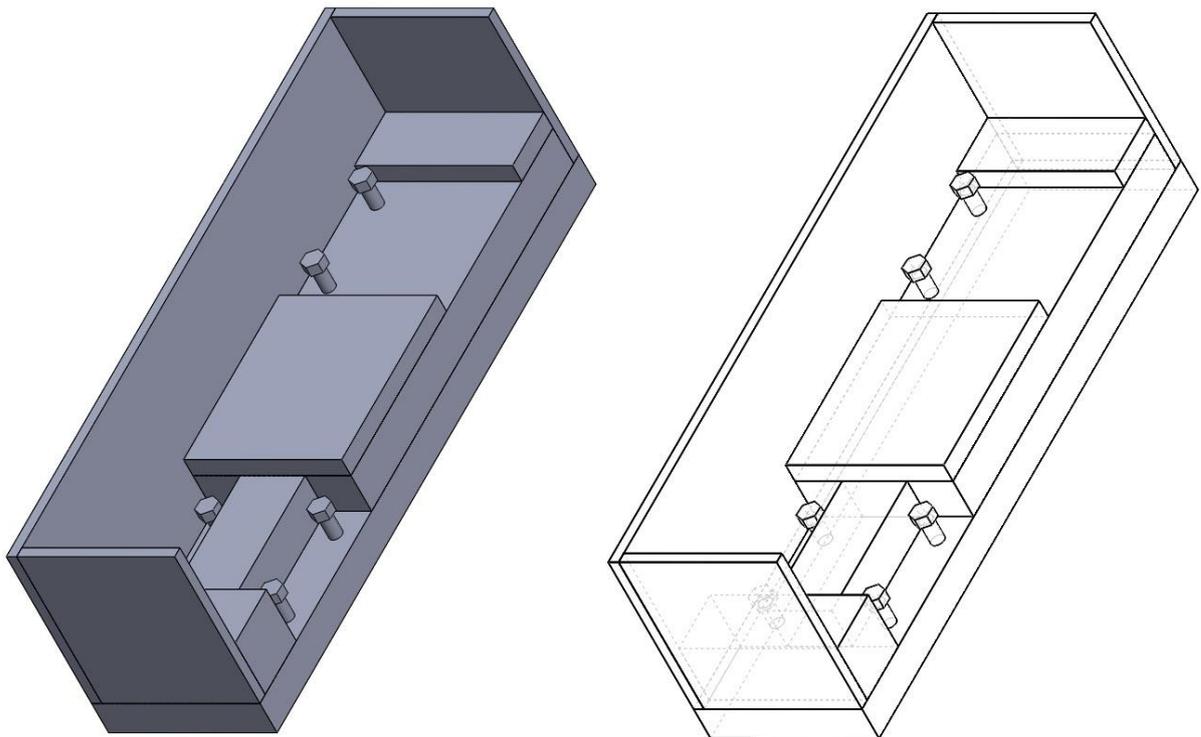


Figura 15 – Molde isométrico em corte base 2
Fonte: Autoria própria.

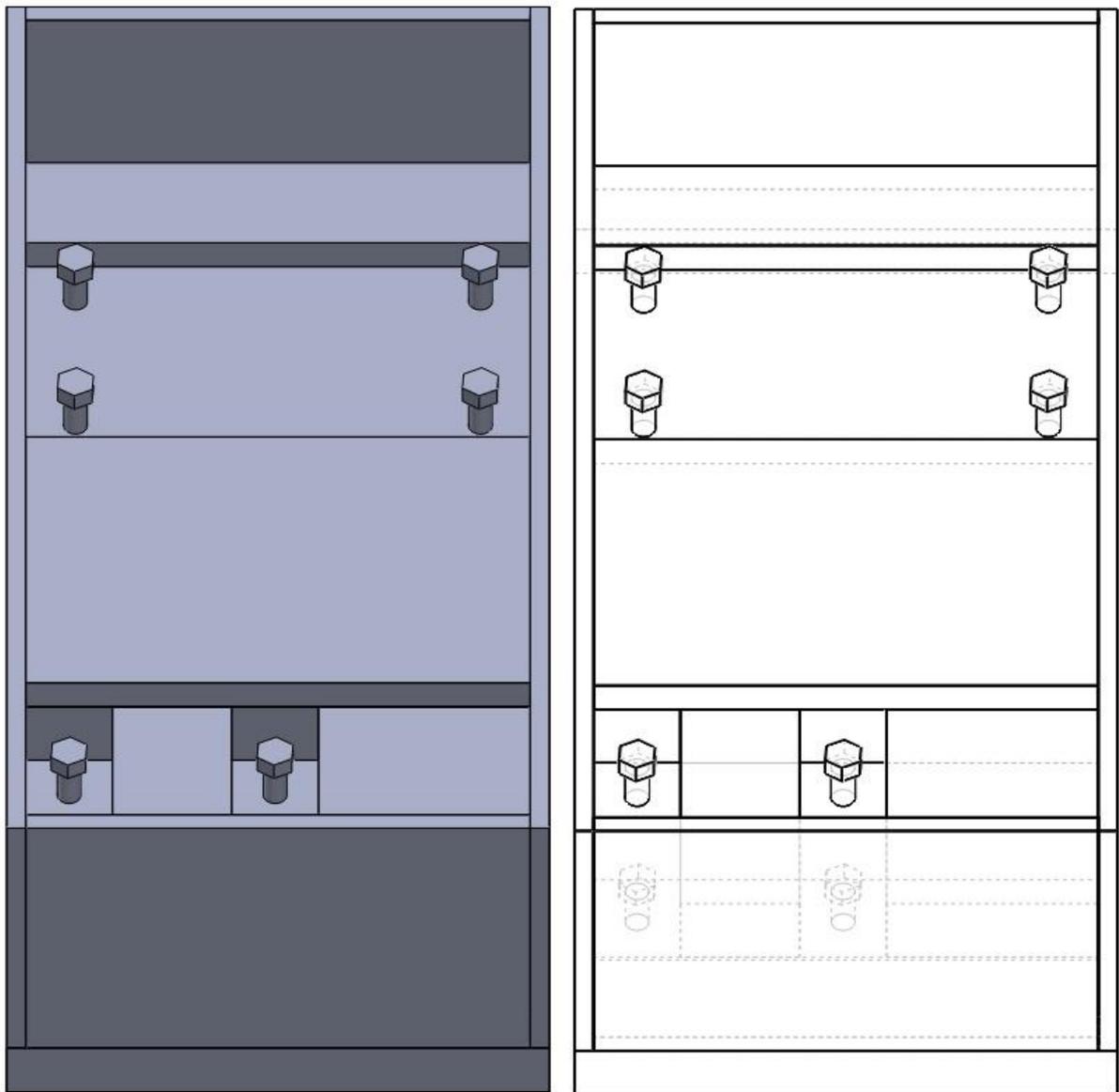


Figura 16 – Molde frontal base 2
Fonte: Autoria própria.

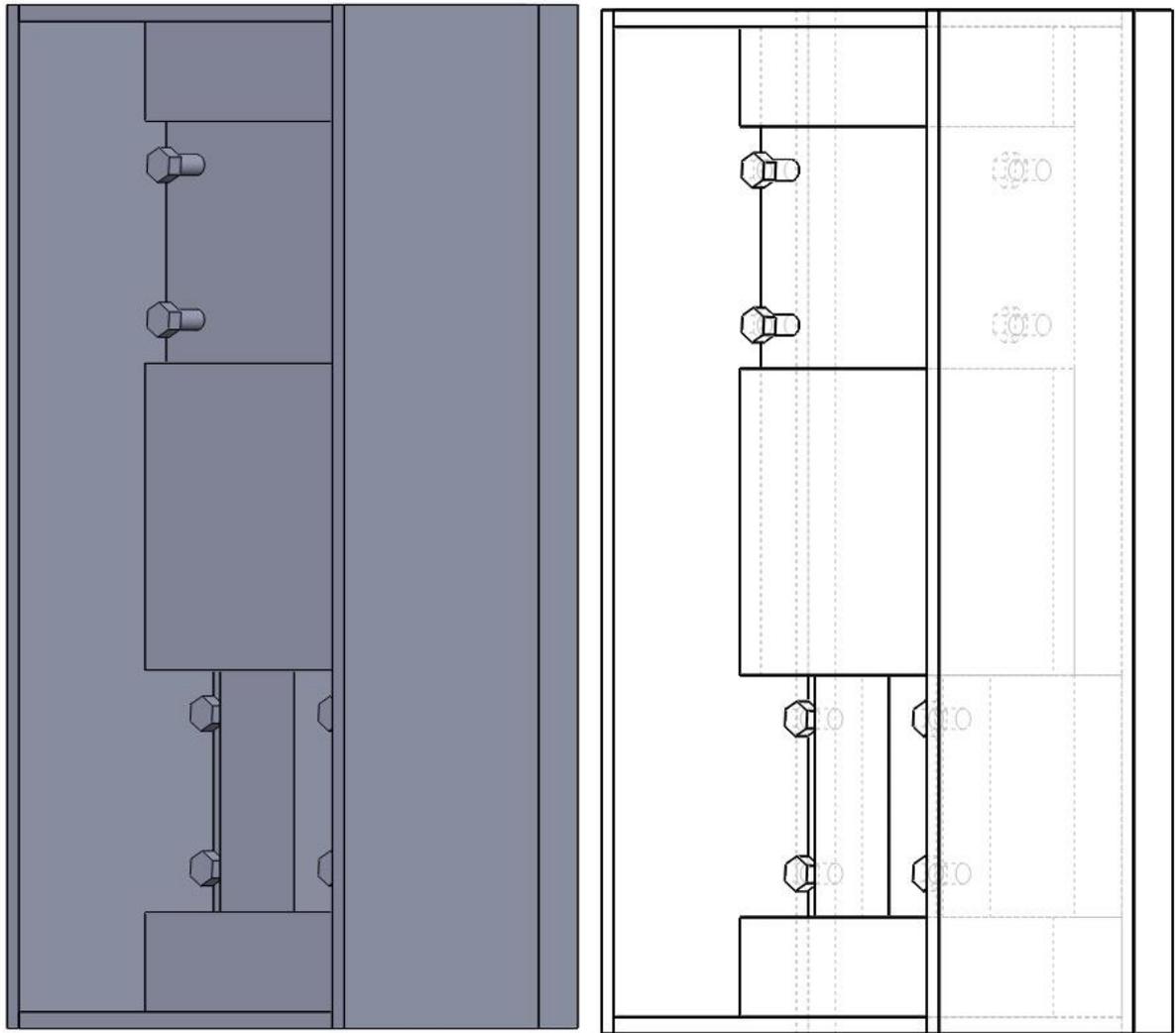


Figura 17 – Molde lateral base 2
Fonte: Autoria própria.

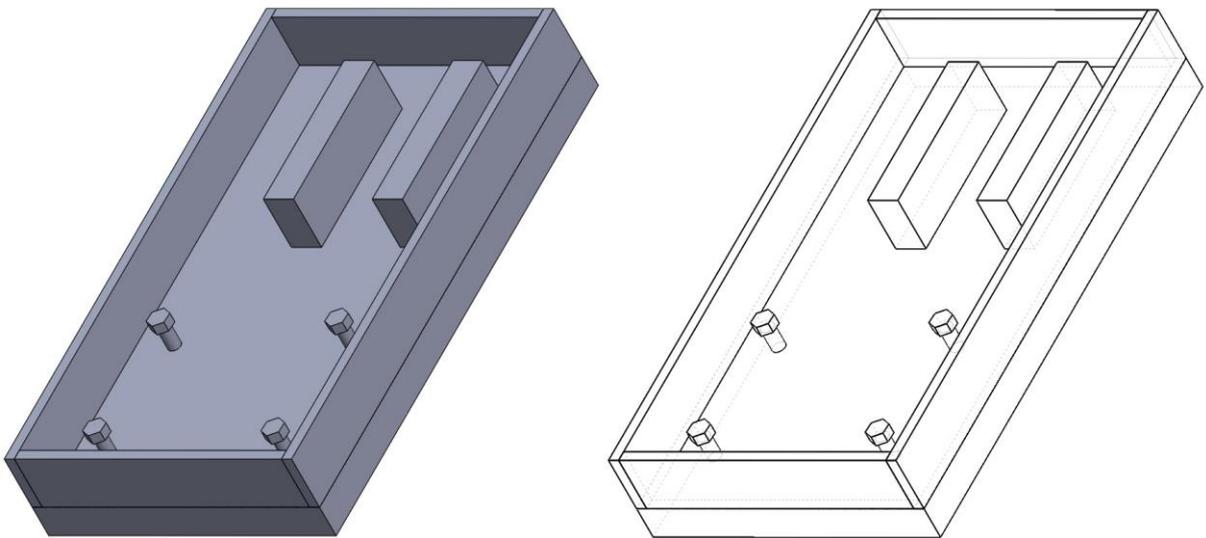


Figura 18 – Molde isométrico base 3
Fonte: Autoria própria.

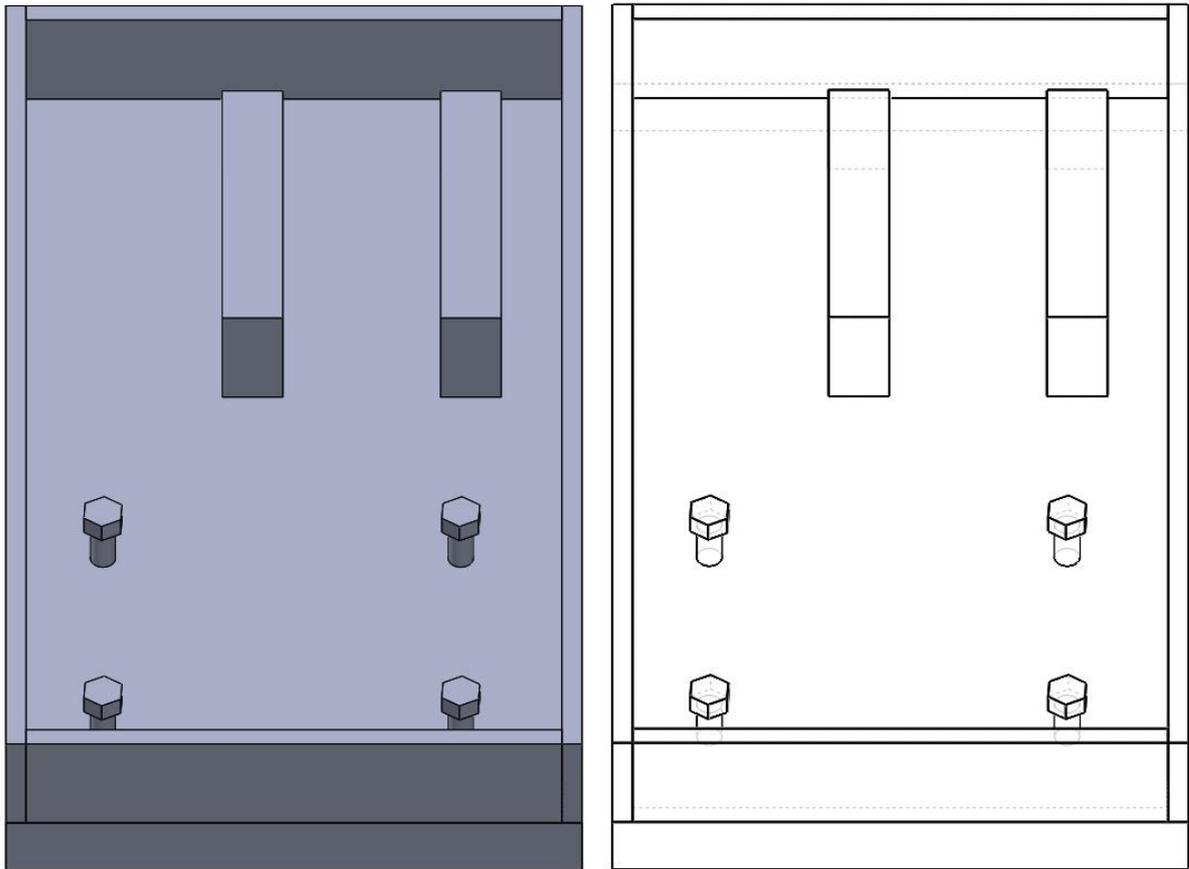


Figura 19 – Molde frontal base 3
Fonte: Autoria própria.

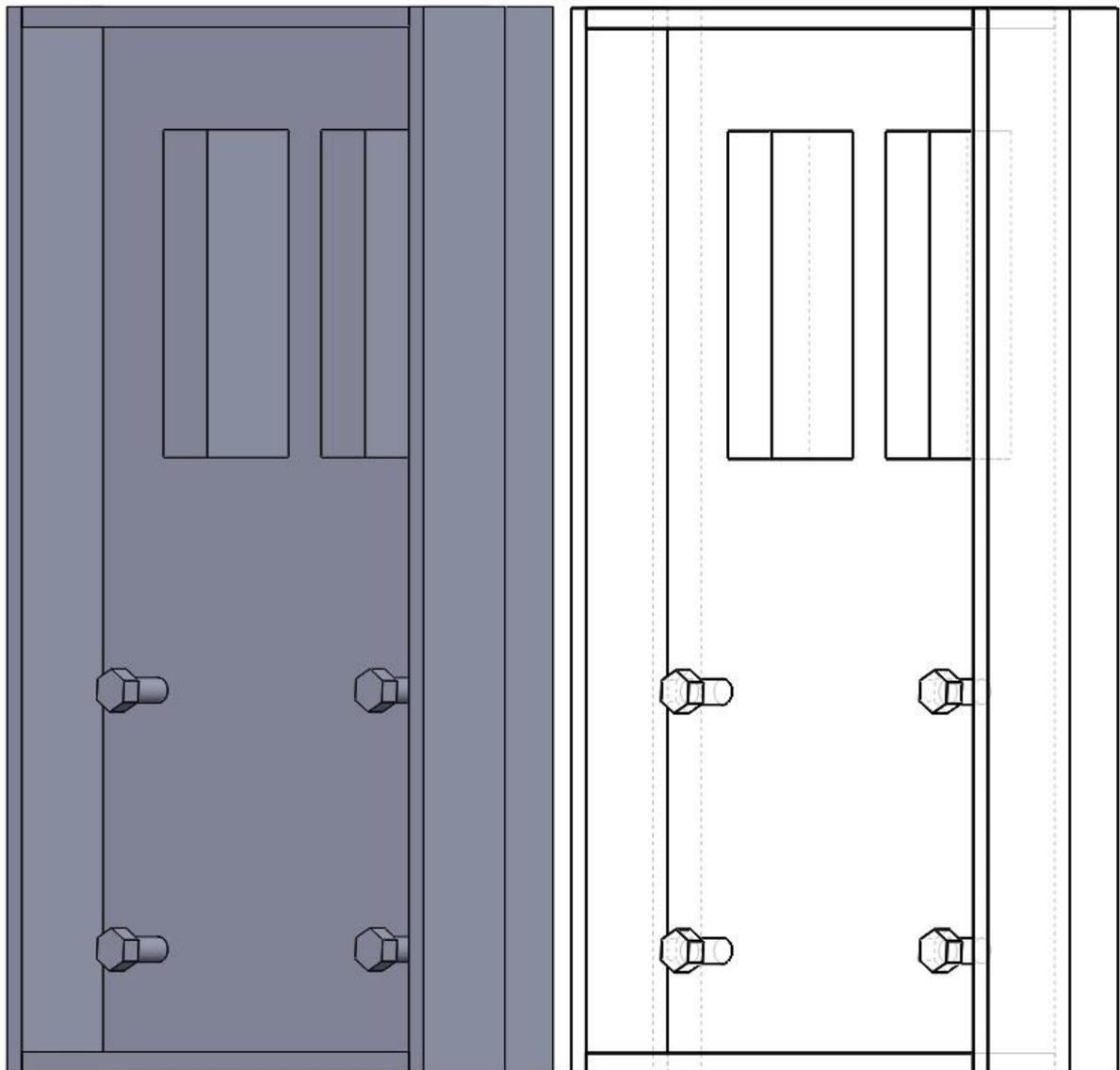


Figura 20 – Molde lateral base 3
Fonte: Aatoria própria.

Nas figuras 21 à 23 estão identificadas as peças utilizadas no projeto dos moldes para as bases 1, 2 e 3 respectivamente, estas peças estão numeradas de acordo com a ordem de montagem, juntamente estão as tabelas 1 à 3 informando as dimensões geométricas de cada um desses componentes e a quantidade de cada utilizada.

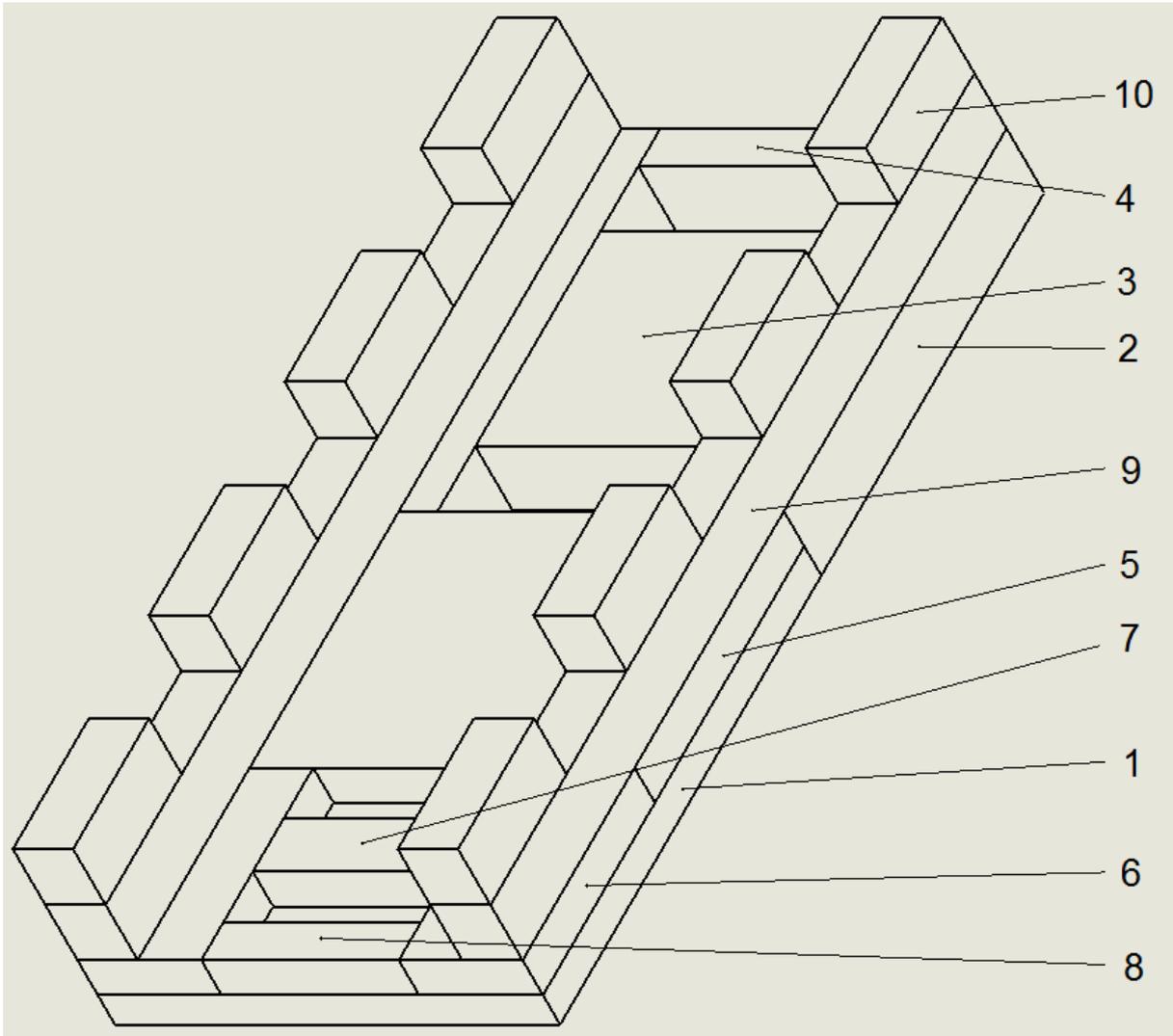


Figura 21 – Identificação peças molde 1
Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Dimensões geométricas do molde 1

Identificação da peça	Quantidade de peças iguais	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
1	1	426.5	363.4	28
2	2	363.5	80.8	61.2
3	1	204.6	201.8	61.2
4	1	36	201.8	61.2
5	1	243.8	363.4	33.2
6	2	182.7	101.1	33.2
7	1	50.50	161.2	33.2
8	1	36	161.2	33.2
9	2	790	49.2	52.5
10	8	124.1	49.2	53

Fonte: Autoria própria.

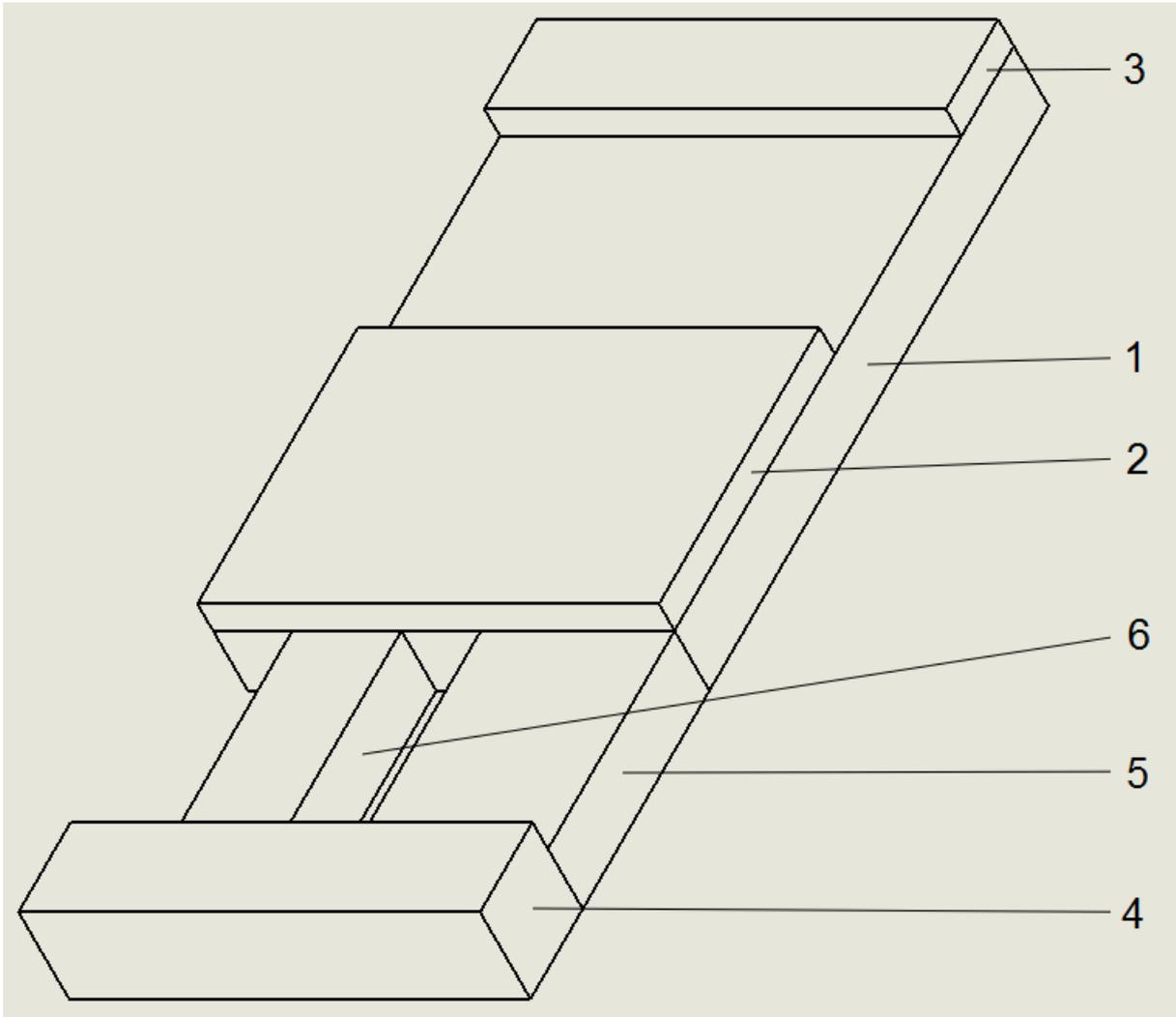


Figura 22 – Identificação peças molde 2

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Dimensões geométricas do molde 2

Identificação da peça	Quantidade de peças iguais	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
1	1	389.6	265	40
2	1	184.2	265	17.9
3	1	60	265	17.9
4	1	60	265	57.9
5	1	145.4	111.2	40
6	1	145.4	62.6	40

Fonte: Autoria própria.

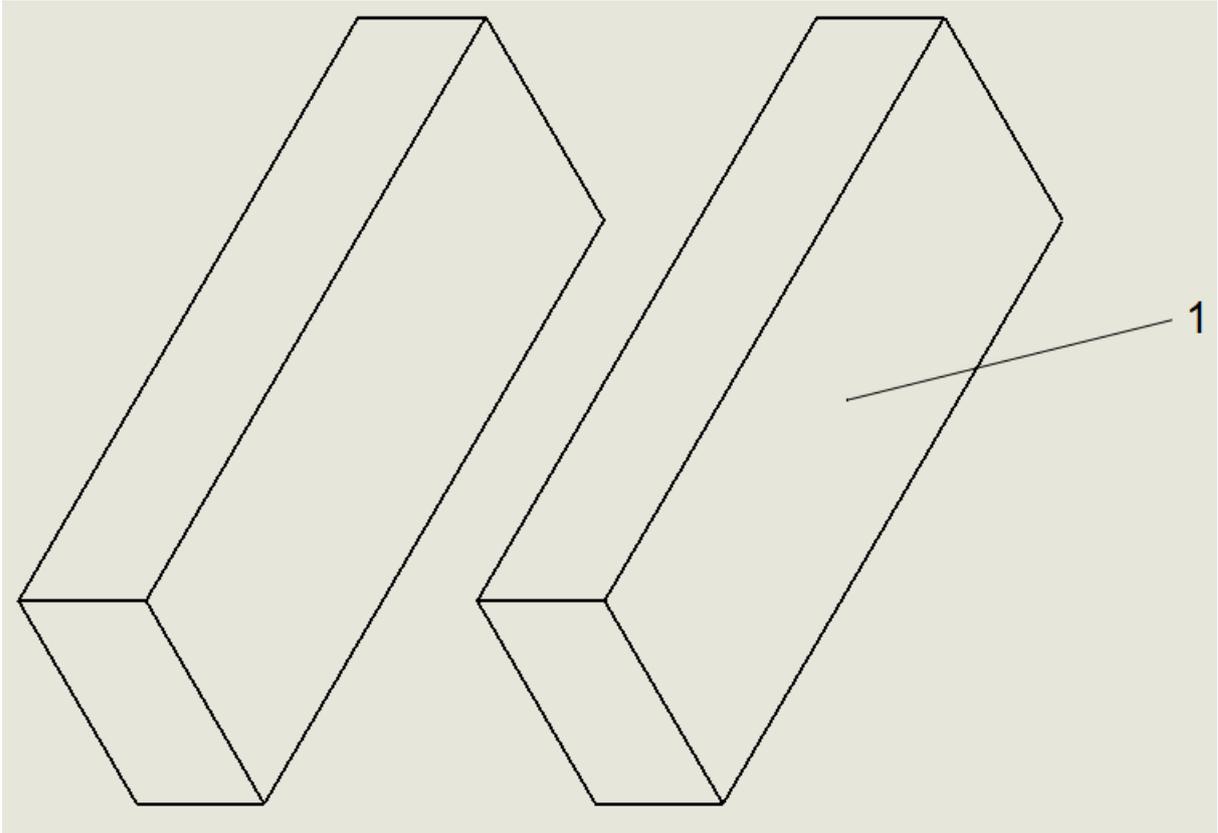


Figura 23 – Identificação peças molde 3
Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Dimensões geométricas do molde 3

Identificação da peça	Quantidade de peças iguais	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
1	2	160	30	55.7

Fonte: Autoria própria.

3.4 MONTAGEM FINAL

Após todas as peças terem sido feitas em madeira, deve-se utilizar caixas, também de madeira, onde as laterais têm 10 mm de espessura e a base da caixa tem 33 mm de espessura para servirem como apoio e fixação para as peças, seguindo a ordem de montagem representada nas figuras 21, 22 e 23. Com todas as peças posicionadas, elas serão fixadas utilizando de parafusos para madeira, apenas para manter todas as partes nos lugares, evitando que se movam durante a

colocação do granito sintético. A posição destes parafusos varia de acordo com o molde, mas quando possível, serão colocados pelas laterais, de maneira que sejam usados para a fixação do maior número de peças, a fim de se utilizar menos parafusos.

A utilização de parafusos para madeira deve-se ao fato de serem de fácil remoção, para que o molde possa ser desmontado para desenformar a base após o período de cura do granito sintético e também para possibilitar o reaproveitamento das peças para a fabricação das próximas bases, contrário ao uso de cola para madeira, que impossibilitaria o desmonte do molde sem danificar as peças.

Após todas as peças fixadas nos lugares finais, serão feitos furos de 12.4 mm de diâmetro com 23 mm de profundidade nos lugares representados nas figuras 4, 5 e 6, onde serão colocados insertos com rosca para serem utilizados como fixação dos mancais e do motor após a base pronta. A posição e tamanho dos insertos pode variar de acordo com o motor e mancais utilizados no projeto.

4 CONCLUSÃO

A utilização das bases de granito sintético elimina operações de usinagem de peças grandes, tendo como única necessidade a atenção aos detalhes durante o desenvolvimento do molde, verificando possíveis dificuldades posteriores.

Utilização destes moldes para fabricação de bases de granito sintético tem como vantagens a rapidez de repetição de fabricação uma vez que o molde já esteja com suas peças prontas e fácil modificação dimensional caso seja necessário.

Com esta metodologia, foi possível observar todos os possíveis problemas que poderiam surgir durante a confecção do molde, porém sem o gasto de tempo e dinheiro de se construir um protótipo, além de poderem ser feitos pequenos ajustes dimensionais quem poderiam ter inviabilizado a base depois de pronta.

REFERÊNCIAS

CALLISTER JR., William D. **Ciências e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução**. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

HOSSOMI, Rogério K. B.; CARVALHO, Jonas de. Projeto e desenvolvimento de estrutura em granito sintético para máquina de filament wiring. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

PIRATELLI-FILHO, A.; LEVY-NETO, F. Behavior of granite-epoxy composite beams subjected to mechanical vibrations. **Materials Research**, [S.l.], v.13, p. 497-503, 2010.

PIRATELLI-FILHO, A.; SHIMABUKURO, F. Characterization of compression strength of granite-epoxy composites using design of experiments. **Materials Research**, [S.l.], v.11, p. 399-404, 2008.

LI, S.; HU, J.; SONG, F.; WANG, X. Influence of interface modification and phase separation on damping properties of epoxy concrete. **Cement and Concrete Composites**, [S.l.], v.18, p. 445-453, 1996.

MAHENDRAKUMAR, N.; SYATHABUTHAKEER, S.; MOHANRAM, P. V. Study of alternative structural materials for machine tools. In: 5th INTERNATIONAL & 26th ALL INDIA MANUFACTURING TECHNOLOGY, DESIGN AND RESEARCH CONFERENCE, 2014, Guwahati, Assam, India. **Anais...** Guwahati: AIMTDR, 2014. P. 645.1-645.6.

HARADA, Júlio. **Moldes para Injeção de Termoplásticos**. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2004.

RAHMAN, M.; Mansur, A; KARIM, B. Non-conventional materials for machine tool structures. **JSME International Journal, Series C**, Arakawa-ku, Japão, v. 44, n.1, p. 1-10, set. 2002.

MENDONÇA, R. M. de L.; PIRATELLI-FILHO, A.; LEVY-NETO, F. Compósitos particulados para aplicações em engenharia de precisão: obtenção e propriedades mecânicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2., 2003, Uberlândia.

RIBEIRO, F. de M. M.; PURQUERIO, B. de M. Granito sintético para estruturas de equipamentos de precisão de pequeno porte – metodologia do projeto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 15., 1999, Águas de Lindóia.

MOLINARI, É. J.; **Reutilização dos resíduos de rochas naturais para o desenvolvimento de compósitos poliméricos com matriz termofixa na manufatura de pedras industriais.** 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.