



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE BANCADA PARA ENSAIOS DE  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DA ENGENHARIA  
FUNDAMENTADA NA NORMA NBR 15220.**

**SABRYNA SANTANA COSTA**

**Tucuruí-PA  
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE BANCADA PARA ENSAIOS DE  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DA ENGENHARIA  
FUNDAMENTADA NA NORMA NBR 15220.**

**SABRYNA SANTANA COSTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:**

**Prof. Dr. Jessé Luis Padilha**

**Tucuruí-PA  
2025**

**PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE BANCADA PARA ENSAIOS DE  
CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DA ENGENHARIA  
FUNDAMENTADA NA NORMA NBR 15220.**

SABRYNA SANTANA COSTA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia  
Mecânica do Campus de Tucuruí, como  
parte dos requisitos para obtenção do título  
bacharel em Engenharia Mecânica.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Profº Drº Jessé Luis Padilha

FEM/CAMTUC/UFPA

---

Membro Interno: Profº Drº Wassim Raja El Banna

FEM/CAMTUC/UFPA

---

Membro Interno: Profº Meº Arthur dos Reis Lemos Fontana

FEM/CAMTUC/UFPA

**Conceito: EXC.**

**Tucuruí, 09 de setembro de 2025.**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

C837p Costa, Sabryna Santana.  
PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE BANCADA PARA  
ENSAIOS DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS  
DA ENGENHARIA FUNDAMENTADA NA NORMA NBR  
15.220. / Sabryna Santana Costa. — 2025.  
37 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Jessé Luis Padilha  
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do  
Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia  
Mecânica, Tucuruí, 2025.

1. Condutividade Térmica. I. Título.

CDD 620.0042

---

**Proposta de Construção de Bancada para Ensaios de Condutividade Térmica de Materiais da Engenharia Fundamentada na Norma NBR 15220.**

**Proposal for Construction of a Bench for Thermal Conductivity Tests of Engineering Materials Based on Standard NBR 15220.**

**Propuesta de Construcción de un Banco para Ensayos de Conductividad Térmica de Materiales de Ingeniería con Base en la Norma NBR 15220.**

**Sabryna Santana Costa**

Graduanda de Engenharia Mecânica  
Universidade Federal do Pará - UFPA  
Endereço: Tucuruí – Pará, Brasil  
E-mail: sabrynasantana21@gmail.com

**Prof. Dr. Jessé Luis Padilha**

Engenheiro Mecânico  
Universidade Federal do Pará - UFPA  
Endereço: Tucuruí – Pará, Brasil  
E-mail: jessepadilha@ufpa.br

**RESUMO**

O presente trabalho, apresenta a proposta de um roteiro para a elaboração de uma bancada experimental, a qual poderá ser utilizada posteriormente para obtenção de resultados sobre a condutividade térmica de materiais da engenharia. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é mostrar passo a passo sobre a criação de um equipamento que tende a contribuir de forma positiva nas diversas áreas da engenharia que envolvem materiais tanto condutores quanto isolantes térmicos. Ademais, para a elaboração do roteiro de criação deste equipamento, utilizou-se a NBR 15.220, bem como, o método da Placa Quente Protegida e o método Fluximétrico. Todavia, apesar de não se tratar de um projeto experimental, o trabalho em questão já nos mostra resultados bastante promissores, apenas com projeções, tanto para a linha de pesquisa como para a de ensino. Contudo, fica evidente a necessidade de um estudo aprofundado e trabalhos experimentais relacionados a esta temática, além da construção efetiva do equipamento, uma vez que trata de um assunto não muito discutido, principalmente em meio acadêmico, porém, muito estimado principalmente para os diversos setores da construção e da engenharia, visto que novos materiais são lançados e aperfeiçoados anualmente.

**Palavras-chave:** propriedades termofísicas, transferência de calor, desenvolvimento sustentável, construção civil e mecânica.

**ABSTRACT**

This paper proposes a roadmap for developing an experimental bench, which can later be used to obtain results on the thermal conductivity of engineering materials. Therefore, the objective of this work is to demonstrate step-by-step the creation of a device that can positively contribute

to various engineering fields involving both conductive and insulating materials. Furthermore, the NBR 15.220 standard was used to develop this equipment, as well as the Protected Hot Plate method and the Fluximetric method. Although this is not an experimental project, the work in question already shows very promising results, with projections for both research and teaching. However, the need for in-depth study and experimental work related to this topic, in addition to the actual construction of the equipment, is evident, as it addresses a topic that is not widely discussed, especially in academia, but is highly valued, especially in the various construction and engineering sectors, as new materials are launched and improved annually.

**Keywords:** thermophysical properties, heat transfer, sustainable development, civil construction and mechanics.

## RESUMEN

Este artículo propone una hoja de ruta para el desarrollo de un banco experimental, que posteriormente podrá utilizarse para obtener resultados sobre la conductividad térmica de materiales de ingeniería. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es demostrar paso a paso la creación de un dispositivo que pueda contribuir positivamente a diversas áreas de la ingeniería que involucran materiales conductores y aislantes. Además, se utilizó la norma NBR 15.220 para desarrollar este equipo, así como el método de la Placa Caliente Protegida y el método Fluximétrico. Si bien no se trata de un proyecto experimental, el trabajo en cuestión ya muestra resultados muy prometedores, con proyecciones tanto para la investigación como para la docencia. Sin embargo, la necesidad de un estudio profundo y trabajo experimental relacionado con este tema, además de la construcción misma del equipo, es evidente, ya que aborda un tema poco discutido, especialmente en el ámbito académico, pero muy valorado, especialmente en los diversos sectores de la construcción y la ingeniería, ya que anualmente se lanzan y mejoran nuevos materiales.

**Palabras clave:** Propiedades termofísicas, transferencia de calor, desarrollo sostenible, construcción civil y mecánica.

## 1 INTRODUÇÃO

Advindas da construção civil, as edificações passam a se desenvolver sob diferentes estruturas, conhecidas atualmente como engenharia, ao sofrerem aprimoramento não somente de métodos, como também dos materiais construtivos, na intenção de minimizar tempo sobre o processo de construção. Ao utilizar de elementos estruturais, fica evidente o progresso sobre os métodos de construção, bem como, a evolução da engenharia, uma vez que a mesma, se encontra em crescente desenvolvimento por meio de pesquisas relevantes, ao apresentar como objetivo, a qualidade dos serviços (ALMEIDA, 2015). Todavia, ainda há uma problemática sobre as edificações no Brasil, que requer atenção, o consumo de energia.

Além disso, sabendo que a condução do calor, é um problema que afeta diversas áreas da engenharia, um conhecimento aprofundado sobre as propriedades termo físicas dos materiais tornou-se fundamental para definir sua melhor aplicação e para a realização de estudos sobre o desempenho das edificações, podendo até mesmo conseguir a diminuição do consumo de energia elétrica. Desse modo, faz-se necessária, uma análise sobre eficiência energética e desempenho térmico, voltada principalmente à projetistas, ao atender tanto às normas regulamentadoras, quanto ao consumidor final em suas necessidades (DESCHAMPS, 2017).

Segundo Bertoti (2018), o uso de materiais que apresentam condutividade térmica baixa em construções, contribui para amenizar as variações de temperatura entre o interior e o exterior das edificações, além disso, as edificações são responsáveis por consumir 42% de toda a energia elétrica produzida no Brasil, sendo o sistema de condicionamento de ar o maior contribuinte para essa taxa de consumo elevada.

Uma vez que os materiais são projetados em sua maior parte por engenheiros, estes devem conhecer as propriedades dos mesmos para sua escolha, visando principalmente atender cada aplicação e método de processamento (SMITH, 2016). Assim, vale ressaltar, a importância de um estudo sobre a condutividade térmica dos materiais utilizados na engenharia, objetivando reduzir problemas relacionados à construção.

A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) instaurada no Brasil para a construção de equipamentos para medições de propriedades térmicas de materiais de construção civil, é a NBR 15.220, a mesma é dividida em cinco partes. De modo geral, nela está descrito dois métodos, o da Placa Quente Protegida e o Fluximétrico, apresentando em detalhes os procedimentos de medida, as condições de ensaio e o modo de preparação dos corpos-de-prova, para os diferentes materiais, especialmente, os de baixa densidade e os materiais de construção civil, nos quais nota-se a importância do estudo de suas propriedades, visando sua caracterização e criação de novos materiais, que podem ser produzidos por resíduos de produção, que carecem do conhecimento de suas propriedades (NBR 15.220: 2005).

Uma das propriedades termofísicas mais importantes é a condutividade térmica. A condutividade térmica é a capacidade que os materiais tem de transmitir calor, sendo assim, podemos dizer que materiais que apresentam um alto índice de condutividade térmica, são considerados bons condutores de calor, já os materiais que apresentam um baixo índice de condutividade térmica, são considerados isolantes térmicos (BERTOTI, 2018).

No Brasil, a cultura de investigação das propriedades termofísicas dos materiais é pouco difundida, somente alguns laboratórios nacionais dispõem de equipamentos para realizar ensaios desse tipo. Os métodos existentes utilizados para determinar a condutividade térmica dos materiais são difíceis de serem realizados ou demandam um longo período de tempo em ensaios (BERTOTI, 2018).

Com o surgimento e utilização de vários tipos de materiais, em suas mais diversas aplicações, e sabendo da necessidade de conhecer as propriedades dos mesmos, foi elaborado, no Campus Universitário de Tucuruí, faculdade de Engenharia Mecânica, um projeto para a construção de uma bancada, a fim de analisar a condutividade térmica de alguns materiais.

Sendo assim, este estudo apresenta o projeto de construção de uma bancada para ensaios de condutividade térmica, com base nos métodos da Placa Quente Protegida e Fluximétrico, visando analisar sua viabilidade e eficiência.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O desenvolvimento de equipamentos que possam medir as propriedades térmicas de materiais construtivos, contribui também para a área da sustentabilidade, ao tratar principalmente da construção civil brasileira, haja vista que tantos novos materiais são lançados anualmente no mercado, enquanto outros, são aperfeiçoados como resposta ao desenvolvimento sustentável, incluindo-se o quesito de eficiência térmico-energética. Com isso, é de suma importância não só o desenvolvimento de equipamentos, como também a criação de laboratórios de desempenho térmico nas Instituições de Ensino Superior (ALMEIDA, 2015).

Assim, reconhece-se que a sustentabilidade é um dos principais objetivos da construção civil do século XXI, devido a necessidade de se modificar o panorama por ser uma das atividades menos sustentáveis do planeta, graças aos recursos naturais consumidos, resíduos sólidos produzidos e emissão de gás carbônico (PINTO, 2015).

Desse modo, tanto o desenvolvimento quanto a otimização de novos materiais utilizados em indústrias e residências, tiveram início com a Conferência das Nações Unidas na cidade de Estocolmo no ano de 1972, onde foram apuradas questões energéticas e ambientais, que por sua vez, desencadearam mudanças na construção civil, quanto ao aspecto da energia despendida na fase de utilização dos edifícios e, posteriormente, no nível da energia necessária para a produção de elementos construtivos (PINTO, 2015; SILVA e ZANETTE, 2021).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desenvolveu a norma de desempenho NBR 15220, com o objetivo de regulamentar o desempenho térmico dos materiais; a norma estabelece os índices que devem ser levados em consideração para o cálculo do desempenho térmico das edificações, onde o índice mais importante para o cálculo é a condutividade térmica ( $\lambda$ ), pois a partir dela pode-se calcular a resistência térmica (R), a transmitância térmica (U), a densidade de fluxo de calor (q) e o fluxo de calor (Q) (BERTOTI, 2018).

A condutividade térmica é definida como “Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m<sup>2</sup>, quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 K/m<sup>2</sup>” (ABNT NBR 15220-1, p. 5). Conforme Bertoti (2018), essa propriedade depende da densidade do material analisado, pois quanto menor sua densidade, menor será a condutividade térmica, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Densidade e Condutividade Térmica de alguns materiais.

MATERIAL	$\lambda$ (W/m K)
Concreto normal, densidade de 2.200 a 2.400 kg/m <sup>3</sup>	1,750
Tijolo de barro, densidade de 1.000 a 1.300 kg/m <sup>3</sup>	0,700
Madeira, densidade de 450 a 600 kg/m <sup>3</sup>	0,150
Isopor, densidade de 25 a 40 kg/m <sup>3</sup>	0,035

Fonte: Bertoti, (2018).

A NBR 15220-2, apresenta valores indicativos de condutividade térmica de materiais de construção, no entanto, a própria norma afirma que estes valores são apenas indicativos e que sempre que possível, deve-se utilizar valores medidos em laboratório.

A condutividade térmica de uma amostra é determinada a partir da Lei de Fourier (Equação 1), onde  $\lambda$  é a condutividade térmica (W/m.K),  $\Delta T$  é a diferença de temperatura entre as duas faces da amostra (K), q é a densidade de fluxo de calor por condução através de um corpo-de-prova (W/m<sup>2</sup>), e A é a área da amostra (m<sup>2</sup>) (MURATA, L. C. M. et.al; 2018).

$$\lambda = \frac{q / A}{\Delta T / e} \quad (1)$$

O fluxo de calor pode ser calculado pela seguinte expressão (Equação 2):

$$q = \frac{\lambda * A}{e} * \Delta T \quad (2)$$

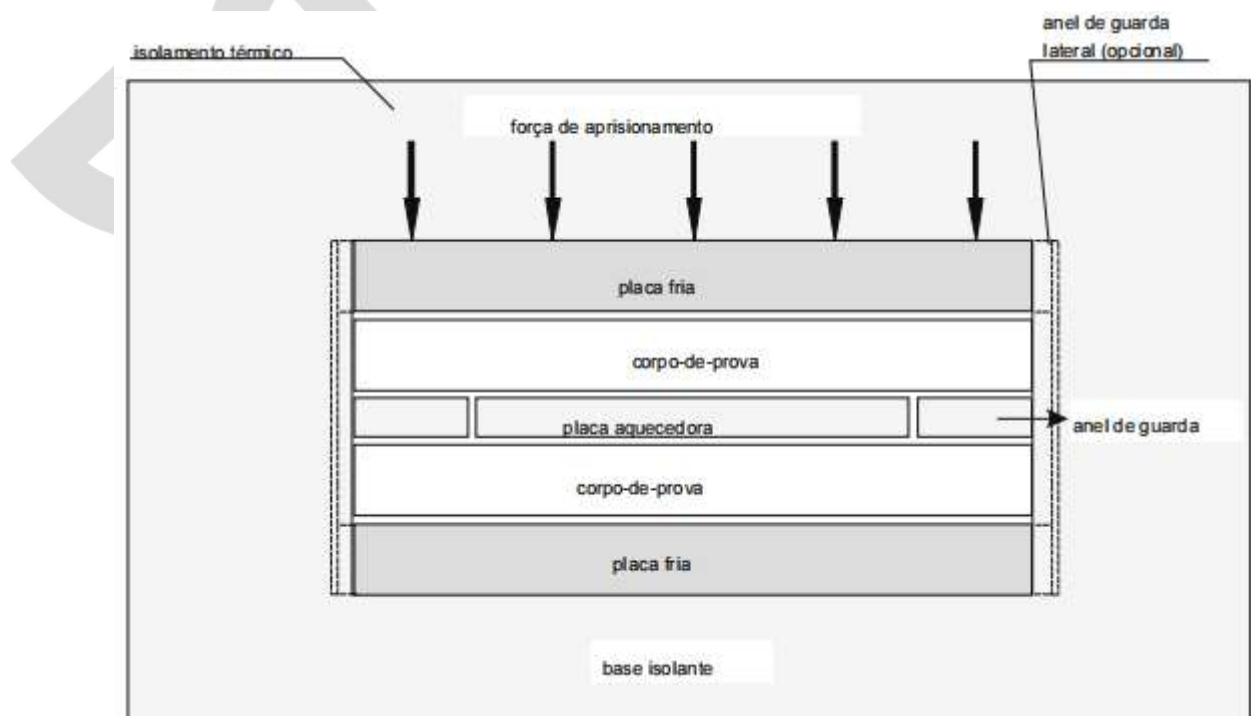
E a Resistência Térmica (Equação 3):

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

## 2.1 MÉTODO DA PLACA QUENTE PROTEGIDA

O método da Placa Quente Protegida (Figura 2) é utilizado para determinar a condutividade térmica e a resistência térmica de materiais sólidos ou granulares, compactos ou não, em regime permanente, conforme especificado pela NBR 15220-4 (ABNT, 2005).

Figura 2 - Esquema do mecanismo da placa quente protegida.



Fonte: NBR 15220-4 (ABNT, 2005).

O método normalmente é aplicado para determinar a condutividade térmica de materiais de caráter isolante, já que a norma estipula um limite máximo de condutividade térmica de 2 W/(m.k) (SIMIONI, 2005).

Neste método, a placa quente dissipa calor através de uma resistência aquecedora que é a responsável por distribuir igualmente o calor pela área das amostras, formando uma superfície de mesma temperatura. As amostras do material a ser ensaiado, se possível, devem conter as mesmas dimensões das placas quente e fria, além de serem planas e homogêneas. As mesmas são submetidas a um fluxo de calor conhecido, por intermédio da placa quente colocada entre as duas amostras (BERTOTI, 2018).

A placa aquecedora é dividida em duas partes independentes de aquecimento, onde a parte central é chamada de seção de medição, pois é esta área que é considerada no cálculo da condutividade térmica, e a parte externa é chamada de anel de guarda, onde o mesmo é monitorado para que sua temperatura se assemelhe a temperatura da placa central (BERTOTI, 2018).

As placas frias, são dispostas nas extremidades do equipamento, são elas as responsáveis por retirar o calor que atravessa as amostras, podendo até terem um fluido de temperatura mais baixa circulando em seu interior. Além disso, para se obter as temperaturas do equipamento, é indicada a instalação de termopares nos pontos desejados (SIMIONI, 2005).

Ainda segundo a norma NBR 15220 – 4 (ABNT, 2005), o equipamento necessita de isolamento em todo o seu perímetro, onde esse isolamento deve ser feito com pelo menos 100 mm de isolante granulado ou 150 mm quando as amostras possuírem dimensões maiores que 500 mm. Com isso, a partir das temperaturas medidas nas faces das amostras, é possível determinar a condutividade térmica dos materiais.

No mais, o método da placa quente protegida, por ser um método de regime permanente, demanda um tempo de cerca de 20 a 30 horas para que os resultados sejam obtidos.

## 2.1 MÉTODO FLUXIMÉTRICO

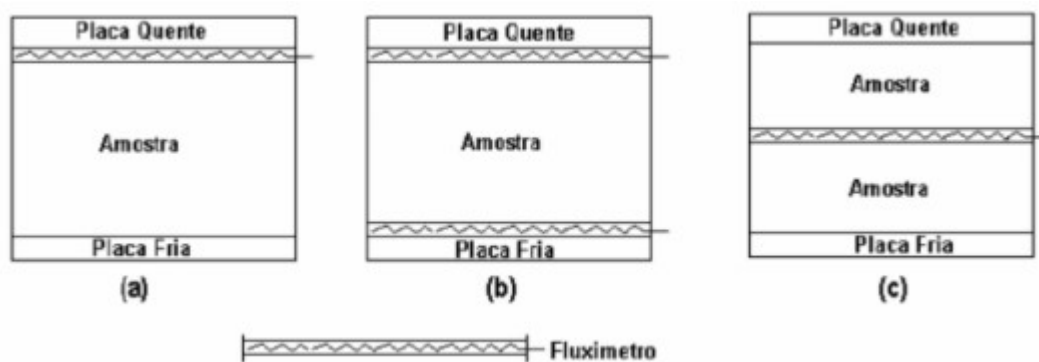
Podemos dizer que o método fluximétrico é similar ao método da placa quente protegida, já que os mesmos divergem somente na forma de medição do fluxo de calor, a qual é realizada por meio de termofluxímetros calibrados antecipadamente. Nesse método, o regime permanente é atingido com mais rapidez que no método da placa quente protegida (BERTOTI, 2018).

Essa técnica consiste em submeter a amostra a um fluxo de calor produzido por uma resistência aquecedora, a qual transfere calor para a placa quente que tem a função de distribuir igualmente o calor em toda a sua superfície. Esse calor atravessa o transdutor e a amostra e é

retirado por meio da placa fria, onde circulam fluidos de temperatura mais baixa. O fluxímetro é o grande responsável por medir o calor que passa pelas placas e pela amostra. Dessa forma, sabendo a área da amostra, sua espessura, o fluxo de calor e as temperaturas das superfícies da mesma, é possível determinar a condutividade térmica do material analisado (SIMIONI, 2005).

Segundo a NBR 15220 – 5 (ABNT, 2005, p. 3) “O dispositivo fluximétrico compreende geralmente uma placa aquecedora, um ou dois fluxímetros, um ou dois corpos de prova e uma placa de resfriamento.” Na Figura 3 podemos ver as possíveis formas de aplicação do método fluximétrico.

Figura 3 - Formas de aplicação do método fluximétrico.



Fonte: Simioni (2005).

Para calcular a condutividade térmica de materiais sólidos ou granulares, os métodos da placa quente protegida e método fluximétrico são os mais utilizados; e ao compará-los, é possível notar algumas diferenças entre ambos, uma delas, na montagem do equipamento, onde o método placa quente protegida é composto por duas placas frias e uma quente, já o método fluximétrico é composto por uma fria e uma quente (BERTOTI, 2018).

Outra diferença está no tempo em que leva para ser atingido um regime de medição, ambos os ensaios demoram um tempo similar para atingir o regime permanente. No entanto, segundo SIMIONI (2005), no fluximétrico é possível realizar a medição em regime transiente em aproximadamente duas horas.

Todavia, vale considerar também a temperatura de ensaio para fazer a comparação entre os dois métodos, pois segundo a NBR 15.220 o método da placa quente protegida não possui restrições quanto a temperatura de trabalho, já que o mesmo depende dos materiais utilizados para a construção do equipamento, por outro lado, o método fluximétrico possui um limite entre -30°C e 80°C, porém, requer uma calibração muito complexa (ABNT, 2005).

Além disso, vale constatar que o método placa quente protegida pode ter como amostra materiais sólidos e granulares, por outro lado, o método de fluxímetro somente amostras de materiais homogêneos. Segundo Pinto (2015) os custos para construção de um equipamento de medição de condutividade térmica pelo método placa quente protegida são maiores do que os custos pelo método fluximétrico.

### 3 METODOLOGIA

A Figura 4 apresenta a base do projeto, reunindo os componentes do equipamento. Os componentes são expressos em cores diferentes para que sejam exibidos visualmente na composição geral e parcial do aparelho, onde os componentes principais são:

1. Placa Quente;
2. Placa Fria;
3. Amostra;
4. Isolamento;

Figura 4 - Representação conceitual do projeto.



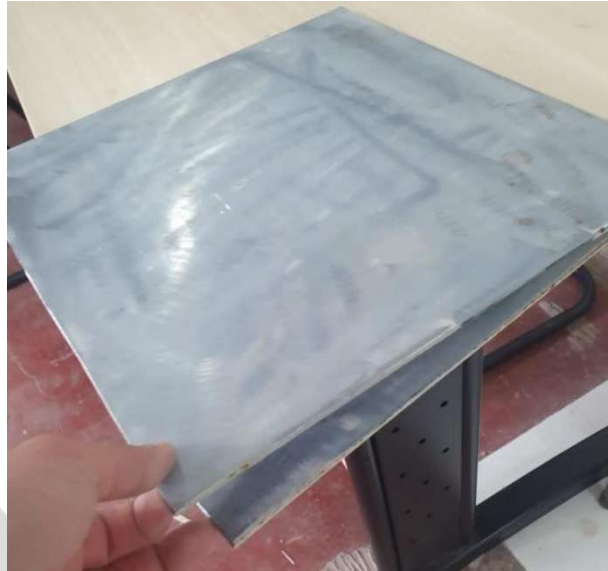
Fonte: Autor, (2025).

#### 3.1 PLACAS

Segundo a NBR 15220-4, as placas quente e fria podem ser redondas ou quadradas (Figura 5), cujo diâmetro ou lado mínimo seja 200mm, onde as duas superfícies das placas devem ser planas. Além disso, elas devem ter uma alta condutividade térmica quando comparadas aos materiais das amostras estudadas, como forma de garantir que as mesmas sejam suficientemente isotérmicas. As placas dispostas no Laboratório de Engenharia Mecânica

(LABEM) para a montagem do equipamento são quadradas, de Aço 1020, com dimensões de 300x300mm de largura e 10mm de espessura.

Figura 5 - Placas quente e fria.

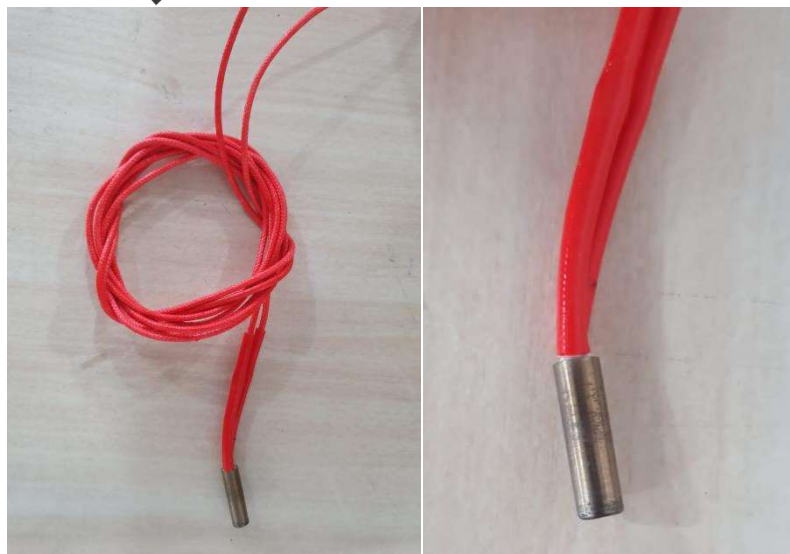


Fonte: Autor, (2024).

Para a placa quente, que é a unidade de aquecimento do sistema, será utilizado um cartucho aquecedor de impressora 3D (Figura 6), o qual deve ser posicionado na parte superior da placa quente, e de preferência usinado para melhor fixação, afim de que não ocorra variações na hora de aquecer a placa.

O cartucho disposto para montagem é o cartucho aquecedor 12V 40W para impressora 3D, que contém internamente um núcleo de cerâmica, permitindo que trabalhe com altas temperaturas, além disso, o revestimento externo é produzido em aço inox, o que possibilita uma melhor transferência de calor, além de contar com cabos com isolamento especial que resistam às temperaturas altas (Quadro 1).

Figura 6 - Cartucho Aquecedor de Alta Potência - 12V 40W para impressora 3D.



Fonte: Autor, (2024).

Quadro 1. Especificações do Cartucho Aquecedor.

RESULTADO	CONCURSO
Tensão	12V
Potência	40W
Material	Aço Inox
Diâmetro	6mm
Comprimento do Cartucho	20mm
Comprimento do fio	1m

Fonte: Elaborado pelos autores.

A placa fria, que é a unidade de resfriamento do sistema, e principal responsável por dissipar calor, ou seja, retirar o calor gerado na unidade do aquecimento, deve possuir as mesmas dimensões da placa quente. E como sistema de resfriamento disposto para montagem do aparelho, temos a Pastilha Peltier, que nada mais é que um cooler termoelétrico com capacidade de aquecer e/ou esfriar objetos em minutos com a simples alimentação dos seus terminais. Durante o seu funcionamento, a pastilha esquenta rapidamente em um dos lados, enquanto o outro esfria, e para evitar que o equilíbrio corrompa a pastilha, usa-se um dissipador de calor no lado quente.

O kit de refrigeração da Pastilha Termelétrica Peltier TEC1-12706 (Figura 7), é usualmente utilizado para solucionar a dissipação de calor em aplicações de resfriamento de estado sólido, que incorpora tecnologias semicondutoras em técnicas de montagem eletrônica. Por isso o mesmo foi escolhido para manter o resfriamento da placa fria do sistema em questão.

Figura 7 - Kit de refrigeração da Pastilha Peltier TEC1-12706.



Fonte: Autor, (2024).

### 3.2 AMOSTRAS

Quanto aos corpos de prova, os termistores devem ser, se possível, colocados em canaletas estreitas e rasas, feitas nas superfícies dos corpos-de-prova. Estas canaletas devem ter profundidade constante  $x$ , de modo que a espessura efetiva dos corpos-de-prova,  $E'$  (mm), possa ser calculada por (Equação 4):

$$E' = e + p - 2x \quad (4)$$

Onde,

$E'$ , é a espessura dos corpos-de-prova ;

$p$ , é a espessura média das junções dos termopares.

Quanto a preparação dos corpos-de-prova, de modo geral, os mesmos devem ser ensaiados em temperaturas próximas às suas condições de uso. No caso de ausência de especificações do material, os mesmos devem ser condicionados em um dessecador ou em uma estufa ventilada.

A medição de temperatura das amostras é obtida através da média dos valores medidos, sendo iguais ou próximos da igualdade. As espessuras destas devem ser de no mínimo 25mm. Além disso, conforme o material tido como base, os procedimentos devem ser seguidos segundo a NBR 15.220: 2005–Parte 4 para sua medição (NBR 15.220: 2005).

Como a finalidade do equipamento é a sua própria validação, os corpos de prova devem ser de materiais com a condutividade térmica já conhecida, sendo assim, como sugestão, as amostras podem ser de madeira, aço, lã, ou até mesmo isopor, dentre outros.

### 3.3 ISOLAMENTO

De acordo com a NBR 15220, o equipamento deve ser isolado em toda a sua extensão com pelo menos 100mm de isolante granulado, ou ainda, com pelo menos 150mm no caso de placas com dimensões superiores a 500mm. Para que a condensação seja evitada, o conjunto equipamento e isolante, deve ser selado, caso a temperatura da placa fria seja inferior à temperatura de orvalho ambiente.

Com isso, para o sistema de isolamento do conjunto, foi pensada a utilização de um isopor em forma de caixa, como estrutura interna de isolamento, e como base externa, uma caixa de madeira (compensado), afim de reforçar o isolamento do sistema.

No mais, a temperatura de laboratório também deve ser controlada, para facilitar a obtenção do regime permanente e obter resultados mais confiáveis.

### 3.4 AQUISIÇÃO DE DADOS

Um coletor de dados, nada mais é do que um dispositivo que pode ser usado para armazenar dados, como um cartão inserido em um computador ou um sistema de comunicação serial que usa o computador como um sistema de registro em tempo real.

Com isso, para realizar a medição da condutividade térmica dos materiais analisados, é necessário desenvolver um sistema que realize tanto a medição quanto a coleta dos dados de temperatura, referentes às superfícies das amostras. Este sistema pode ser dividido em 3 itens: sensores de temperatura, placa de aquisição de dados e software para programação.

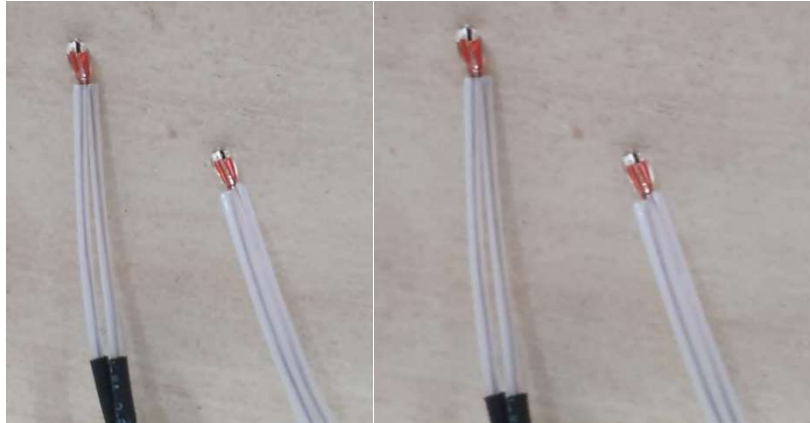
Sobre os sensores de temperatura, mediante a norma NBR 15220, é necessária a utilização de resistências de aquecimento (termopares), afim de obter um fluxo de calor homogêneo na amostra, adquirindo temperaturas iguais em ambas as faces da placa.

O Termistor é um resistor térmico onde a resistência muda conforme a temperatura. Normalmente é feito de materiais semicondutores, que por sua vez, tem como principal característica elevadas alterações de resistência para pequenas mudanças de temperatura, ou seja, sua sensibilidade é extrema.

O Termistor escolhido para utilização é do tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), o que significa que ele é um sensor cujo coeficiente de temperatura é negativo,

sendo assim, a resistência diminui à medida em que a temperatura aumenta. O intervalo de medição de temperatura deste termistor são de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 8).

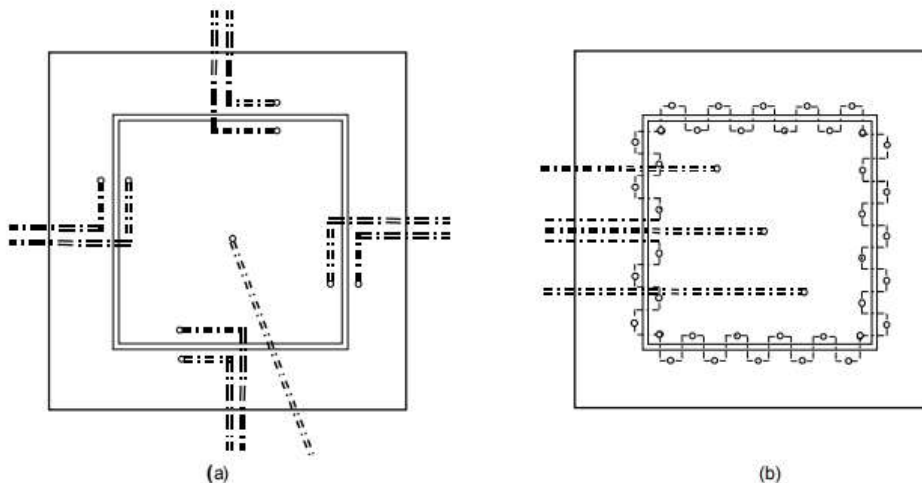
Figura 8 - Termistores NTC.



Fonte: Autor, (2024).

Conforme a parte 4 da NBR 15220, as resistências podem ser distribuídas da seguinte forma (Figura 9):

Figura 9 - Disposição de Termopares nas Placas.



Fonte: NBR 15220 (2005).

Sobre a placa de aquisição de dados, é necessária a utilização de um componente que realize a leitura dos termistores, e realize o tratamento de dados, estamos falando do arduino mega. O Arduino Mega é uma placa de prototipagem integrada pelo microcontrolador ATmega2560, um conversor USB-UART e componentes de alimentação e temporização, como

dois reguladores, um cristal oscilador e um ressonador cerâmico. Normalmente é indicada sua utilização em projetos que demandem muitas conexões e/ou muitas linhas de comunicação, ou ainda para a obtenção de muitos dados.

Para seu funcionamento, é necessária a criação de um código, após, basta conectar a placa ao computador, realizar as configurações devidas e o carregamento, e assim, conectar a placa ao circuito e acionar a alimentação. Com isso, o programa será executado e a placa agirá sobre o circuito. As placas Arduino são programadas em linguagem C/C++ com alguns comandos próprios, além disso, trazem como recurso um conversor USB-Serial integrado, o que permite apenas conectá-lo ao computador via USB e carregar os programas escritos sem a necessidade de nenhum outro circuito ou componente adicional.

O Arduino Mega (Figura 10) é compatível com diversos componentes, sensores e módulos presentes no mercado. Tais componentes permitem ampliar as funcionalidades da placa, permitindo-a sentir o ambiente em que está inserido (fazendo uso de sensores) e medir as mais diversas grandezas, como pressão, temperatura, umidade, luminosidade, etc. Também é possível controlar as mais diversas cargas, indo desde ligar um simples LED até o controle de robôs e sistemas automatizados.

Outro fator interessante sobre o Arduino Mega 2560, é que ele possui 70 portas, sendo 54 digitais e 16 analógicas, onde, dos 54 digitais, 15 podem ser configurados como saídas (UARTs) para comunicação.

Figura 10: Arduino Mega 2560.



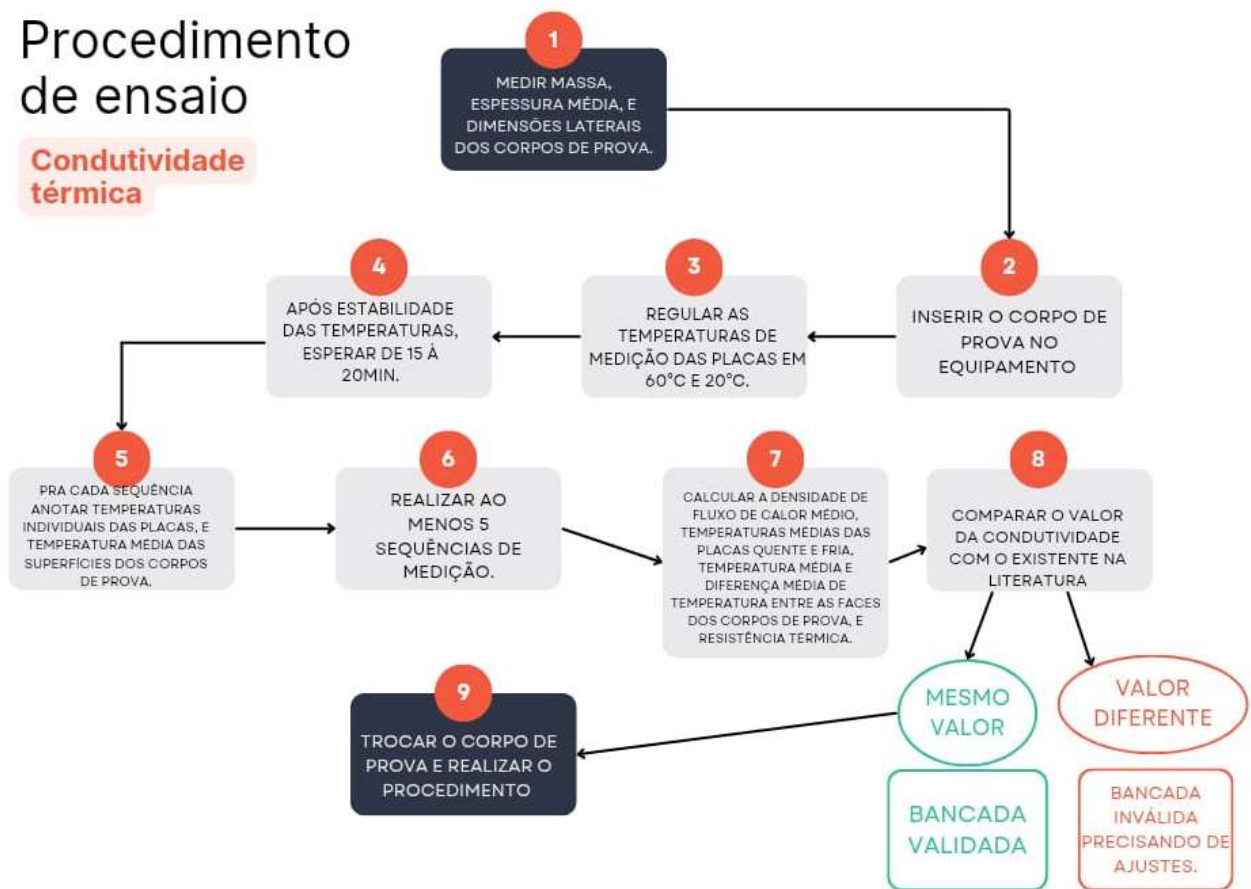
Fonte: Autor, (2024).

Sobre o software para programação, é necessário o download do Arduino Integrated Development diretamente do site do fabricante, visto que o mesmo pode ser utilizado na programação de placas originais e similares, além de ser compatível com os sistemas

operacionais Windows, Mac e Linux. Após, é possível desenvolver um código de programação que realize as coletas e medições necessárias.

### 3.5 PROCEDIMENTO

Figura 11 - Fluxograma do procedimento de ensaio.



Fonte: Autor, (2024).

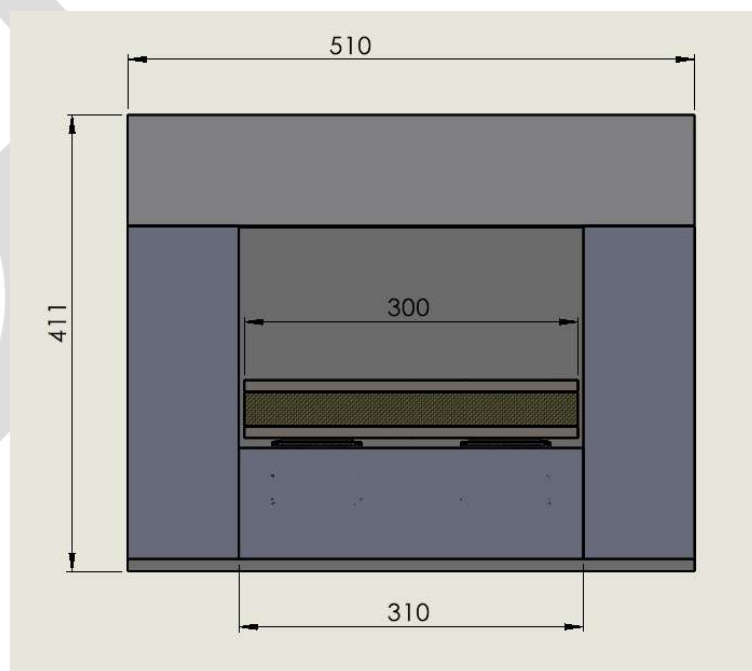
Com o equipamento devidamente montado, e posicionado no local específico para realização dos testes, o procedimento de ensaio deve ser realizado conforme instruções contidas na norma NBR 15220-5. O regime deve ser considerado permanente se ao menos por cinco medições sucessivas não forem notadas variações contínuas crescente ou decrescente no valor da resistência térmica calculada e se nenhuma medição individual do fluxo de calor diferir mais que  $\pm 2\%$  da média do conjunto de medições consecutivas

“Para ensaios a temperatura média de até 100°C, recomenda-se que a diferença entre as temperaturas das faces dos corpos-de-prova estejam compreendidas entre 15K e 20K.” (NBR 15220-4).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

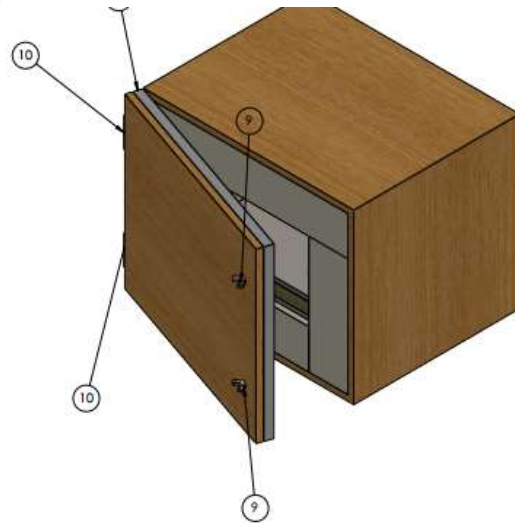
Visto que se trata da proposta de construção um equipamento que meça a condutividade térmica de determinados materiais, considerando e descrevendo passo a passo para sua construção, seguem imagens ilustrativas e representativas da montagem do mesmo, desenvolvidas no CAD SolidWorks 2023. (Figuras 12 e 13).

Figura 12 - Representação do equipamento montado com a porta aberta visto de frente.



Fonte: Autor, (2025).

Figura 13 - Equipamento montado visto de fora com a porta aberta.



Fonte: Autor (2025).

Com o equipamento devidamente montado, tendo conhecimento do passo a passo do procedimentos de ensaio, imagine uma amostra de madeira, com densidade de 450 a 600kg/m<sup>3</sup> e condutividade térmica já conhecida em torno de 0,150 W/m.K, com as mesmas dimensões laterais das placas, ou seja, 300x300mm de largura e 30mm de espessura. Após inserir a amostra no equipamento entre as placas, tendo as temperaturas das placas definidas em quente 60°C e fria 20°C, e obter, por exemplo, uma diferença de temperatura de 40°C e uma densidade de fluxo de calor de 18 W/m<sup>2</sup>, basta realizar o cálculo da condutividade térmica que foi descrito na Equação 1.

$$\lambda = \frac{18 (W/m^2) / 0,09m^2}{40K / 0,03m} \quad (1)$$

$$\lambda = 0,15 W/mK$$

Ou seja, como o resultado da condutividade térmica obtido é similar ou neste caso, idêntico ao já conhecido, pode-se comprovar a validação da bancada experimental. Para demais observações e detalhes do experimento basta elaborar o relatório de ensaio, e realizar a coleta e extração das demais informações, como gráficos, tabelas, e outros dados necessários para a análise.

## 5 CONCLUSÕES

Como afirmou Pinto (2015), a existência e vigência de normas de desempenho para a construção civil fundamentadas na sustentabilidade constituem subsídios que fortalecem a necessidade de se contribuir para que a aplicação e o cumprimento dessas resultem na manutenção de uma construção confortável, em particular no que tange ao conforto e desempenho térmico, incluindo-se o desenvolvimento de laboratórios regionais e nacionais para atender às novas exigências.

Contudo, ao considerar que a sustentabilidade é um dos principais objetivos para os diversos setores construtivos do século XXI, vale ressaltar que a produção de um equipamento que meça a condutividade térmica de materiais, assim como a criação de laboratórios de desempenho térmico em Instituições de ensino Superior é de suma importância, pois trata-se de uma resposta tanto aos diversos materiais lançados e desenvolvidos anualmente no mercado, quanto ao desenvolvimento sustentável, incluindo-se o quesito de eficiência térmico-energética.

Sendo assim, ao reconhecer que ainda há uma breve deficiência de explanação sobre o tema em questão, principalmente por se tratar de um método para a elaboração de um equipamento, vale frisar a importância de gerações acadêmicas futuras em dar continuidade e pôr em prática a construção do equipamento aqui proposto, para então, obtermos os resultados esperados, além de realizar o estudo de assertividade do método, utilizando amostras de diferentes condutividades térmicas, e até mesmo, como objetivo principal, condutividade térmica desconhecida.

No mais, a apresentação do conteúdo deste estudo contribui para ressaltar a sua importância e significância principalmente para as áreas da arquitetura e engenharia. Visto que, nenhuma atividade da construção civil será válida eticamente se não for sustentável, baseando-se nos três pontos da sustentabilidade: ambiental, social e econômico.

## AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo primeiramente à Deus, por ser o centro da minha vida, me guiar e me permitir chegar até aqui, por me manter de pé, firme e confiante apesar de todas as adversidades.

À minha mãe Socorro Santana, por apoiar meus sonhos, ansiar meu crescimento, por todas as orações, puxões de orelha, conselhos, colo, apoio, acolhimento e por tudo sempre.

Ao meu pai José Carlos, por entender os caminhos que seguimos, e apoiar minhas escolhas.

Aos meus irmãos Samilly e Savyo Juan por serem essenciais em minha vida, por serem meu chão e por estarem sempre ali para mim, especialmente por acreditarem em mim. Ao meu sobrinho e afilhado Álvaro, por ser um divisor de águas, a luz que ilumina meus dias, por tornar meu dia a dia mais leve e por me fazer querer ser melhor.

Aos meus professores de ensino médio, por todo apoio ao iniciar a trajetória na UFPA e me encorajarem sempre, em especial ao Prof. Me. Denilson Leandro, que desde lá sempre foi uma inspiração para mim.

Aos meus amigos Lucas Amaral, e Lucas Vinícius, por compartilharmos moradia e conhecimentos durante três anos, em especial ao Lucas Amaral por ser meu melhor amigo, exemplo e inspiração, por não soltar minha mão, apesar da distância, e por me incentivar sempre.

À UFPA, especialmente ao Campus Universitário de Tucuruí, por ser incrivelmente acolhedor, por ter os melhores colaboradores, onde tive o privilégio de conhecer pessoas essenciais para meu crescimento pessoal e profissional. Ao Novax, Mailson, Leandro, e aos demais colaboradores.

Ao LADS, por ser meu primeiro contato com as pesquisas, em especial ao prof. Dr Marcelo, por me notar, e permitir a oportunidade; ao Me. Rafael Nascimento, por ser meu parceiro de almoço, estudos e um grande incentivador, ao Me. Lucas, pela troca no laboratório, e pela leveza do trabalho.

Ao NDAE, por ser minha segunda casa e família, em especial à Ildenê, Edileuza, Ailana, Aarão e Jedson, por serem incríveis comigo, pelas oportunidades, conhecimentos e amizade.

Ao meu grupo de trabalho e amigos, Vinícius Henderson, Lucas, Matheus, Dewid Bruno, Cláudio, pelas brincadeiras, perrengues, apoio mútuo, reprovações e aprovações, por serem especialmente indelicados, mas principalmente à Grazi (minha irmã de outra mãe), não existem palavras suficientes para expressar minha gratidão por sua amizade, por todo apoio, por estar comigo além do curso, você é surreal.

Aos meus amigos Daniel, Geovane, e em especial ao Guilherme Henrique, por aceitar a missão de estudar esse trabalho pela amizade, por todo conhecimento trocado, e além disso, por se fazer presente em momentos difíceis e ao Reneilson, por ser meu parceiro nos trabalhos, amigo e apoio principalmente durante a pandemia.

Aos demais amigos que tive o privilégio de conhecer, Dilane, Daniela, e especialmente à Fernanda, por ser uma segunda mãe, irmã mais velha, inspiração e principalmente um anjo na Terra, à quem Deus me deu a honra de conhecer, obrigada por tudo sempre.

À Atlética Predadores da Engenharia, por ser a maior do Norte, pelo acolhimento, pelas oportunidades, treinos, integração, por ajudar a tornar tudo mais leve.

À todos os meus docentes internos e externos à mecânica, Bruno, Josenaide, Ezequiel, Leopoldo, Paulo, Ronaldo, Ayrton, Douglas, Paulo Júnior, Álvaro, Luis, Maciel, Jarmeson, Ana Carolina, Adry, Walber, Artur, Walter, Mayke, Danilo, Hugo, por todo conhecimento compartilhado, pelas experiências, amizades, e em especial ao meu orientador Jessé, pela inspiração, apoio e incentivo e por não me deixar desistir.

Agradeço também à minha banca examinadora, professores Wassim e Arthur, pela disponibilidade, contribuições e por ajudarem a realizar esse sonho. Aos meus colegas de turma, nossa querida MEC 18, sem sombra de dúvidas, cada pessoa, mesmo que não citada aqui, foi fundamental e singular para minha trajetória durante à graduação, e sou inteiramente grata, por cada palavra trocada, conselhos, sorrisos, ou até um bom dia.

Por fim, agradeço ao Renato Vinícius, por me proporcionar um primeiro diploma, chamado Pedro Santana Silva, sem dúvidas ele é o melhor presente da minha vida, por ele todos os dias eu renovei as forças, continuei e não pensei em desistir, mesmo quando as coisas não foram tão favoráveis, obrigada por toda admiração, apoio, e principalmente pela parceria.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15220-1:2005. **Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades.** 2005. 8 páginas. pdf.

ABNT NBR 15220-2:2005/Er.1:2008. **Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** 2005. 34 páginas. Pdf.

ABNT NBR 15220-3:2005. **Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** 2005. 30 páginas. pdf.

ABNT NBR 15220-4:2005. **Desempenho térmico de edificações. Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.** 2005. 10 páginas. pdf.

ABNT NBR 15220-5:2005. **Desempenho térmico de edificações. Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.** 2005. 10 páginas. pdf.

ALMEIDA, L. R. **Estudo de Sistemas Construtivos Pré-fabricados Modulares Aplicados em Canteiros de Obras.** Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. pdf.

ALVES, P. **Sensor NTC - Características e aplicações.** Manual da Eletrônica. Automação. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/sensor-ntc-caracteristicas-aplicacoes/>. Acesso em: 12 mar, 2024.

BERTOTI, A. **Adaptação de Técnica Experimental para Determinação da Condutividade Térmica de Materiais com Potencial para Isolamento Térmico.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Curso de Engenharia Civil. 2018.

DESCHAMPS, L. **Sustentabilidade emergente e construção civil: Um estudo de caso em Florianópolis.** Monografia, 2017. pdf.

EEPOWER. **Termistor NTC.** Guia do resistor. Capítulo 3 - Tipos de resistores. E E Power. Disponível em: <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-types/ntc-thermistor/#>. Acesso em: 16 mar, 2024.

ELETROGATE. **Arduino Mega.** Site Eletrogate. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/arduino-mega>. Acesso em: 05 mai, 2024.

ELETROGATE. **Pastilha Termoeletrica Peltier TEC1-12706.** Site Eletrogate. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/pastilha-termoeletrica-peltier-tec1-12706>. Acesso em: 21 abr, 2024.

FRIGELAR. **Placa Pastilha Termoeletrica Peltier TEC1-12706 EOS**. Site Frigelar. Disponível em: <https://www.frigelar.com.br/placa-pastilha-peltier-termoeletrica-eos-tec1-12706/p/kit1704#:~:text=A%20pastilha%20Peltier%20%C3%A9%20um,aquecimento%20ou%20resfriamento%20de%20objetos>. Acesso em: 17 abr, 2024.

ILLUSTRATION, P. **Diferença entre Termopar e Termistor**. Illustrationprize. Tudo sobre elétrica e eletrônica. Disponível em: <https://illustrationprize.com/pt/105-difference-between-thermocouple-amp-thermistor.html>. Acesso em: 07 mar, 2024.

INMETRO. **Relatório Final do Ensaio de Proficiência em Condutividade Térmica - 1ª Rodada Material Isolante**. 2016. 17 p. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro.

INFINITO. **Kit Refrigeração Pastilha Termoeletrica Peltier TEC1-12706**. Site Hu Infinito. Disponível em: <https://www.huinfinito.com.br/dispositivos-de-protecao/1741-kit-refrigeracao-pastilha-termoeletrica-peltier-tec1-12706.html>. Acesso em: 09 abr, 2024.

MARTINEZ, B. **Termistores - NTC**. Elétrica. Universidade Federal do Paraná. 2000. Disponível em: <https://www.eletrica.ufpr.br/edu/Sensores/2000/brenno/>. Acesso em: 15 mar, 2024.

MULINA, B. H. O. **Método Numérico/Experimental para Determinação Simultânea de Temperatura Interna e Propriedades Térmicas de Materiais Metálicos e Não Metálicos**. 2016. 154 p. Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia - Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos. pdf.

MURATA, L. C. M. et.al. **Construção e Teste de um Dispositivo para Ensaio de Condutividade Térmica de Novos Materiais de Construção**. XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. 2018. Foz do Iguaçu - PR. ISSN: 2178-8960. pdf.

PINTO, P. R. F. **Medição de Propriedades Térmicas pelo Método Fluximétrico - desenvolvimento de equipamento**. 2015. 64 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2015. pdf.

RIBEIRO, L. C. et.al. **Medição da Condutividade Térmica de Materiais Sólidos Não Condutores**. Artigo. 8 páginas. 13º POSMEC - Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Uberlândia.

SILVA, H. B. **Controlador de Transferência de Calor (CTC) para Ensaio de Condutividade Térmica pelo Método da Placa Quente Protegida**. 2020. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Mecatrônica - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020. pdf.

SILVA, R. T. e ZANETTE, T. H. **Projeto de um Aparato Experimental para a Obtenção da Condutividade Térmica em Materiais de Construção Civil pelo Método da Placa Quente Protegida**. 2021. 173 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia Mecânica. Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeira do Itapemirim, 2021. pdf.

**SIMIONI, W. I. Análise de erros na medição de condutividade térmica de materiais através do método fluximétrico.** 2005. 116 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102491>>. Acesso em: 05 dez, 2023.

**SMITH, W.F. Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais.** 5ª Ed., Porto Alegre, RS: McGraw-Hill, 2016. pdf.

## APÊNCICES





TABELA DE ELASSES DE RUGOSIDADE - NORMA ISO - 3202

~	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

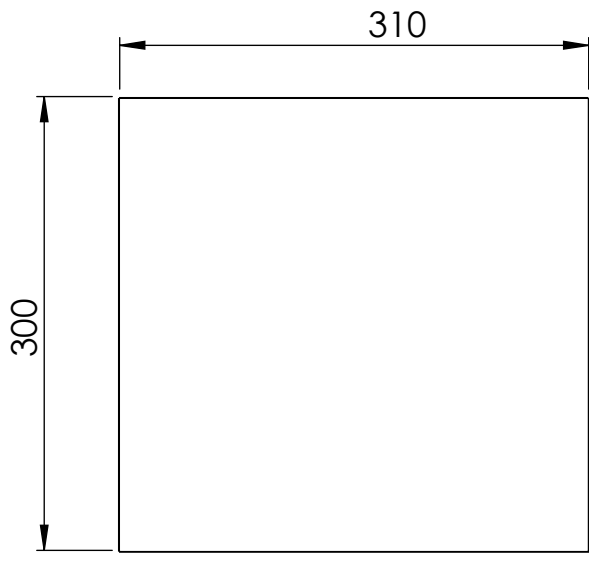
TABELA DE TOLERANÇAS LINEARES NÃO ESPECIFICADAS PARA USINAGEM CONFORME NORMA NBR ISO 2768-T-m

DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	

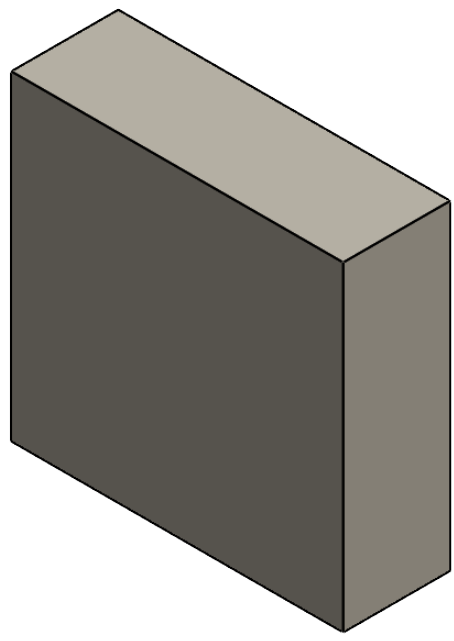
TABELA DE QUEBRA DE CANTOS CONFORME NORMA DIN 6784

TABELA DE TOLERANÇAS DIMENSIONAIS PARA O ALUMINIO CONFORME NORMA DIN 15200 - CLASSIF. B

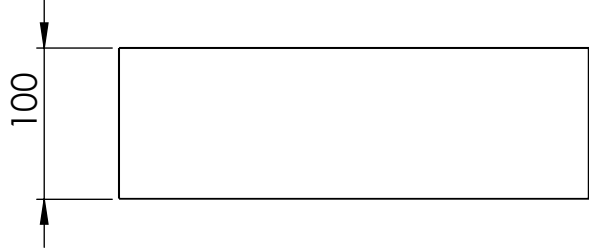
Dimensões nominais (D) em mm	Desaf. (D) em mm	Região (D) em mm
ACIMA... 4000... até... 8000	±0,0	±0,0
ACIMA... 8000... até... 12000	±0,0	±0,0
ACIMA... 12000... até... 18000	±0,0	±0,0
ACIMA... 18000... até... 24000	±0,0	±0,0
ACIMA... 24000... até... 30000	±0,0	±0,0
ACIMA... 30000... até... 40000	±0,0	±0,0
ACIMA... 40000... até... 50000	±0,0	±0,0
ACIMA... 50000... até... 63000	±0,0	±0,0
ACIMA... 63000... até... 80000	±0,0	±0,0
ACIMA... 80000... até... 100000	±0,0	±0,0
ACIMA... 100000... até... 125000	±0,0	±0,0
ACIMA... 125000... até... 160000	±0,0	±0,0
ACIMA... 160000... até... 200000	±0,0	±0,0
ACIMA... 200000... até... 250000	±0,0	±0,0
ACIMA... 250000... até... 315000	±0,0	±0,0
ACIMA... 315000... até... 400000	±0,0	±0,0
ACIMA... 400000... até... 500000	±0,0	±0,0
ACIMA... 500000... até... 630000	±0,0	±0,0
ACIMA... 630000... até... 800000	±0,0	±0,0
ACIMA... 800000... até... 1000000	±0,0	±0,0



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR

PESO TOTAL (Kg): 1.49  
MATERIAL – ISOPOR

	DES.	29/06/2025	SABRYNA S.
	CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.
	APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.

FOLHA 1/1	EQUIPAMENTO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	EM SUBST. A: SUBSTIT. POR:
ESCALA 1:5	TITULO ISOLAMENTO LATERAL	NUMERO SS-003
		REV. 0

REF.:

TABELA DE ELASSES DE RUGOSIDADE - NORMA ISO-1302

~	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

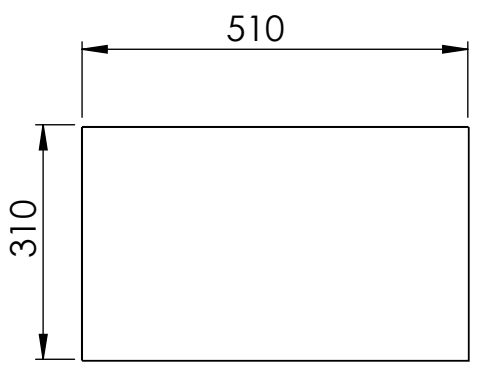
TABELA DE TOLERANÇAS LINEARES NÃO ESPECIFICADAS PARA USINAGEM CONFORME NORMA NBR ISO 2768-T-m

DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Tolerância	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0

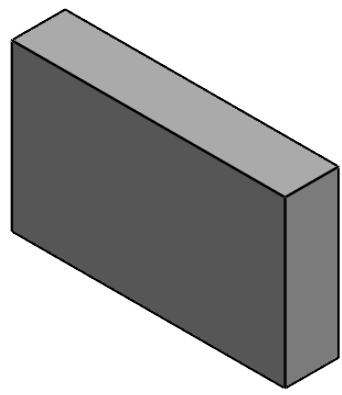
TABELA DE QUEBRA DE CANTOS CONFORME NORMA DIN 6784

TABELA DE TOLERANÇAS DIMENSIONAIS PARA O ALDEBRADA CONFORME NORMA DIN 10200-CLASSIF. B

Dimensões nominais (D) [mm]	Desaf. (D) [mm]	Desaf. (D) [mm]	Desaf. (D) [mm]
0 - 10	± 0,10	± 0,10	± 0,10
10 - 30	± 0,15	± 0,15	± 0,15
30 - 100	± 0,20	± 0,20	± 0,20
100 - 300	± 0,30	± 0,30	± 0,30
300 - 1000	± 0,40	± 0,40	± 0,40
1000 - 2000	± 0,50	± 0,50	± 0,50



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL

PESO TOTAL (Kg): 38.58  
MATERIAL – ISOPOR

	DES.	29/06/2025	SABRYNA S.
	CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.
	APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.

FOLHA 1/1	EQUIPAMENTO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	EM SUBST. A: SUBSTIT. POR:	
ESCALA 1:10	TITULO ISOLAMENTO POSTERIOR	NUMERO SS-005	REV. 0

REF.:

TABELA DE ELASSES DE RUGOSIDADE - NORMA ISO-1302

~	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2,5	5	12,5	25

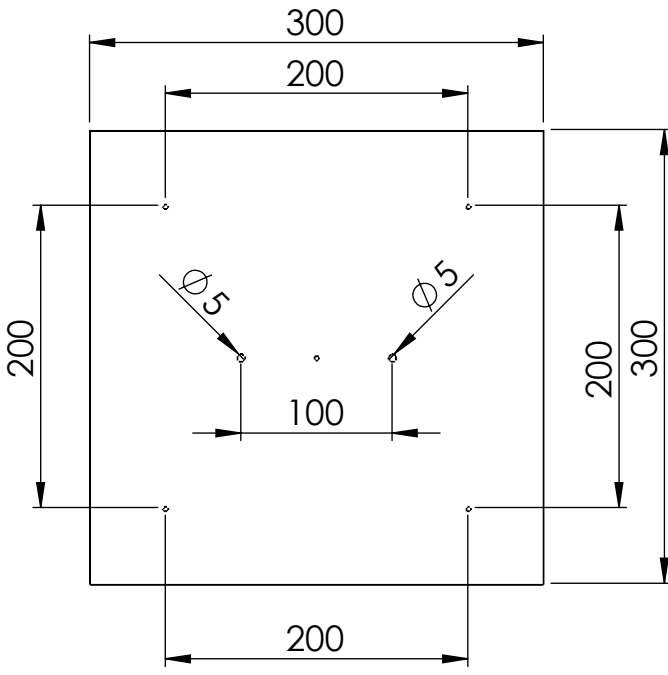
TABELA DE TOLERANCIAS LINEARES NÃO ESPECIFICADAS PARA USINAGEM CONFORME NORMA NBR ISO 2768-T-m

DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	

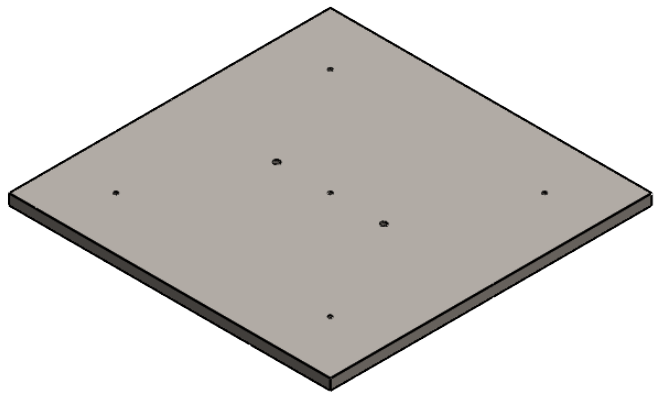
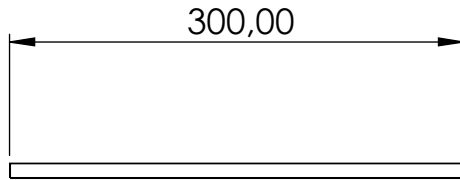
TABELA DE QUEBRA DE CANTOS CONFORME NORMA DIN 6784

TABELA DE TOLERANCIAS DIMENSIONAIS PARA O ALBERDADEAL CONFORME NORMA DIN 10200-CLASSIF. B

Dimensões nominais (mm)	0-30	30-120	120-180	180-250	250-300	300-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-3000	3000-4000	4000-6000	6000-10000
Desloc. (mm)	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00	±1,50	±2,00	±3,00	±4,00	±6,00

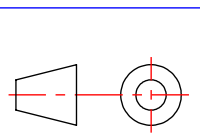


VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA

PESO TOTAL (Kg): 7.06  
MATERIAL - ASTM A36



	DATA	NOME
DES.	29/06/2025	SABRYNA S.
CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.
APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.

FOLHA 1/1	EQUIPAMENTO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	EM SUBST. A: SUBSTIT. POR:
ESCALA 1:5	TITULO PLACA FRIO/QUENTE	NUMERO SS-006
		REV. 0

REF.:

TABELA DE ELASSES DE RUGOSIDADE - NORMA ISO-1302

~	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5

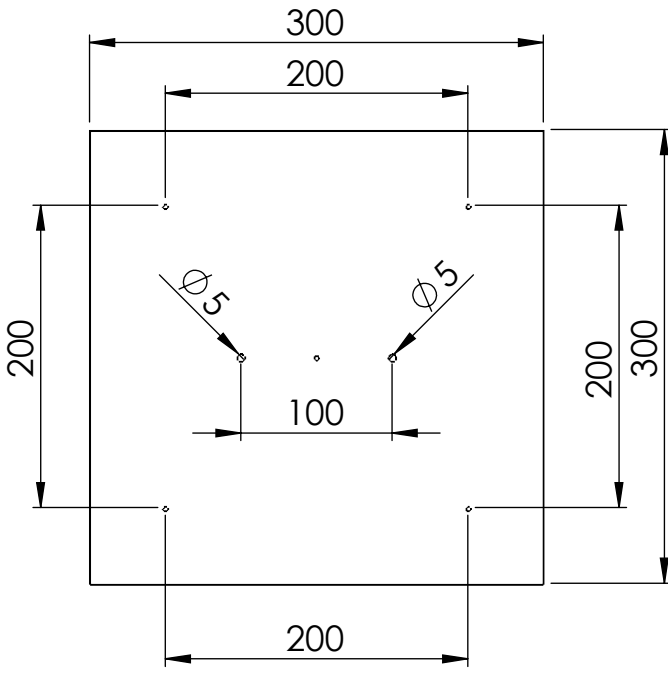
TABELA DE TOLERANCIAS LINEARES NÃO ESPECIFICADAS PARA USINAGEM CONFORME NORMA NBR ISO 2768-T-m

DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	

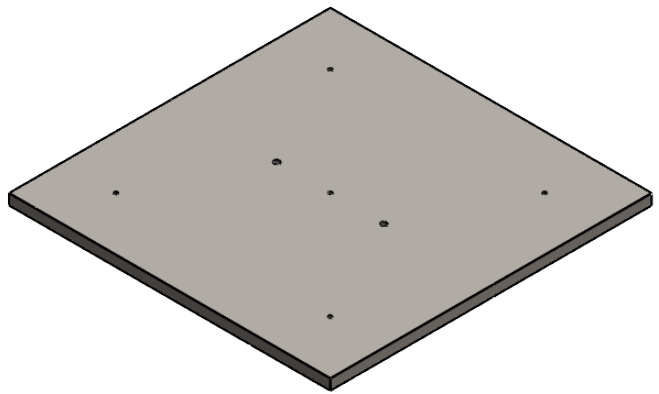
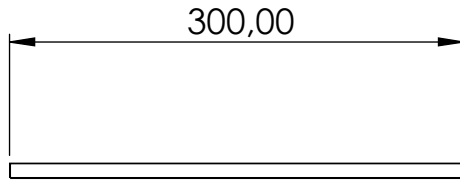
TABELA DE QUEBRA DE CANTOS CONFORME NORMA DIN 6784

TABELA DE TOLERANCIAS DIMENSIONAIS PARA O ALUMINIO CONFORME NORMA DIN 15200-CLASSIF. B

Dimensões nominais (mm)	0-30	30-60	60-100	100-150	150-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-1000	1000-1500	1500-2000	2000-3000	3000-4000	4000-6000	6000-10000
ACIMA	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,60	±0,80	±1,00	±1,50	±2,00	±3,00	±4,00	±6,00	±10,00	±15,00
ABAIXA	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,60	±0,80	±1,00	±1,50	±2,00	±3,00	±4,00	±6,00	±10,00	±15,00



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA

PESO TOTAL (Kg): 7.06  
MATERIAL - ASTM A36

	DES.	29/06/2025	SABRYNA S.
	CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.
	APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.

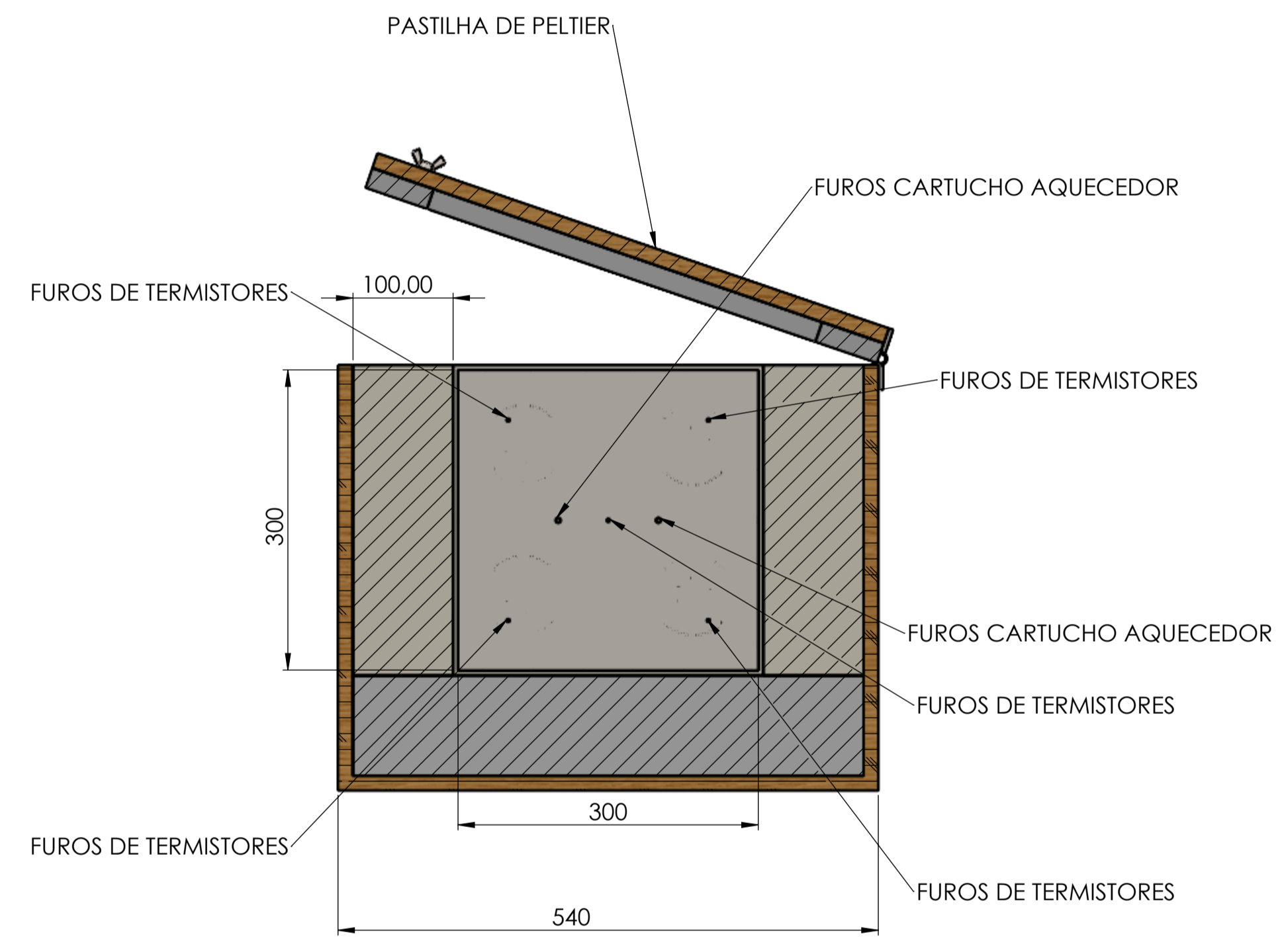
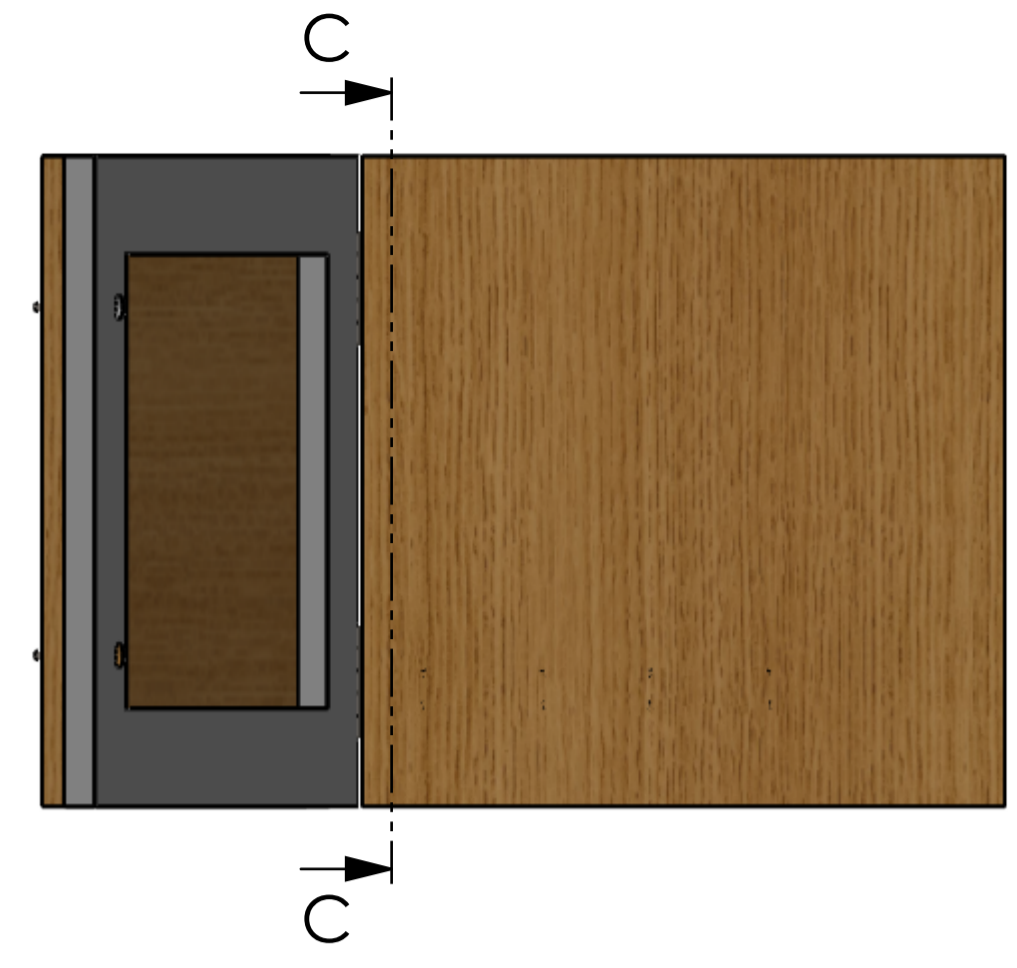
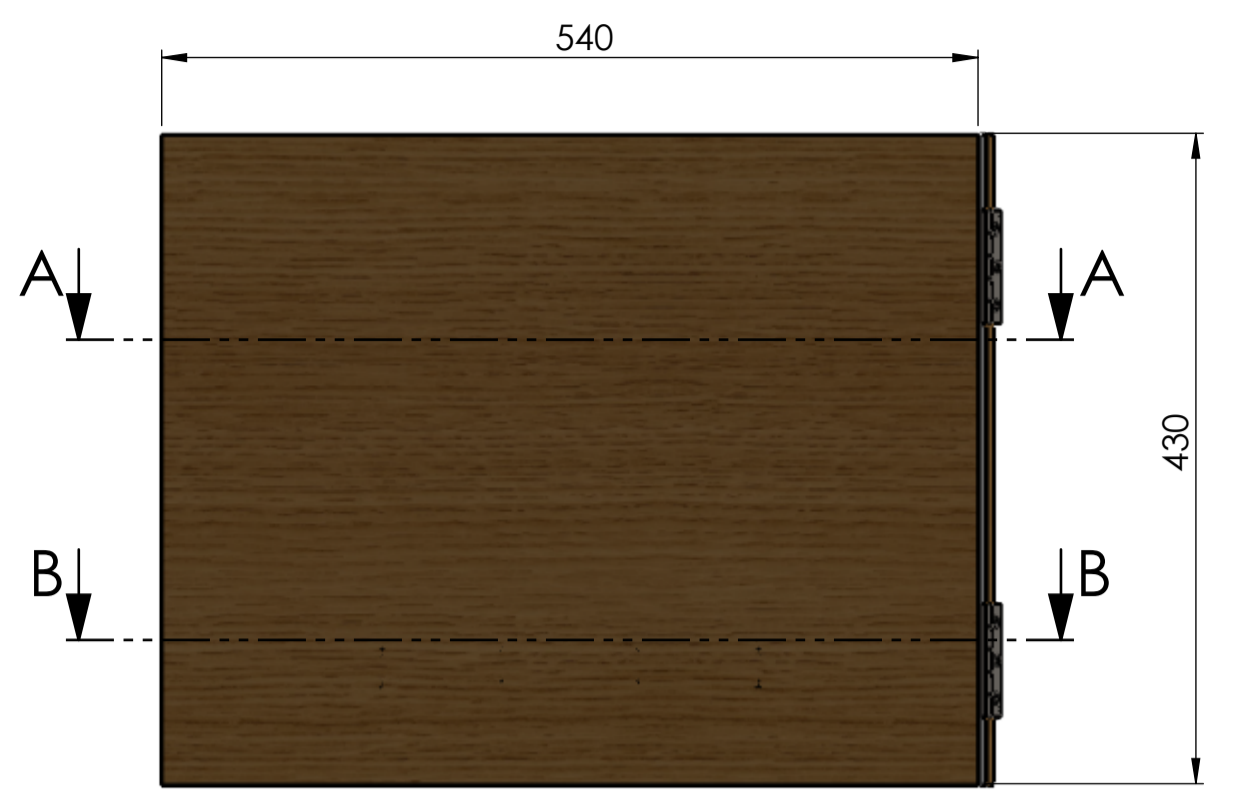
FOLHA 1/1	EQUIPAMENTO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	EM SUBST. A: SUBSTIT. POR:
ESCALA 1:5	TITULO ISOLAMENTO LATERAL	NUMERO SS-00
		REV. 0

REF.:

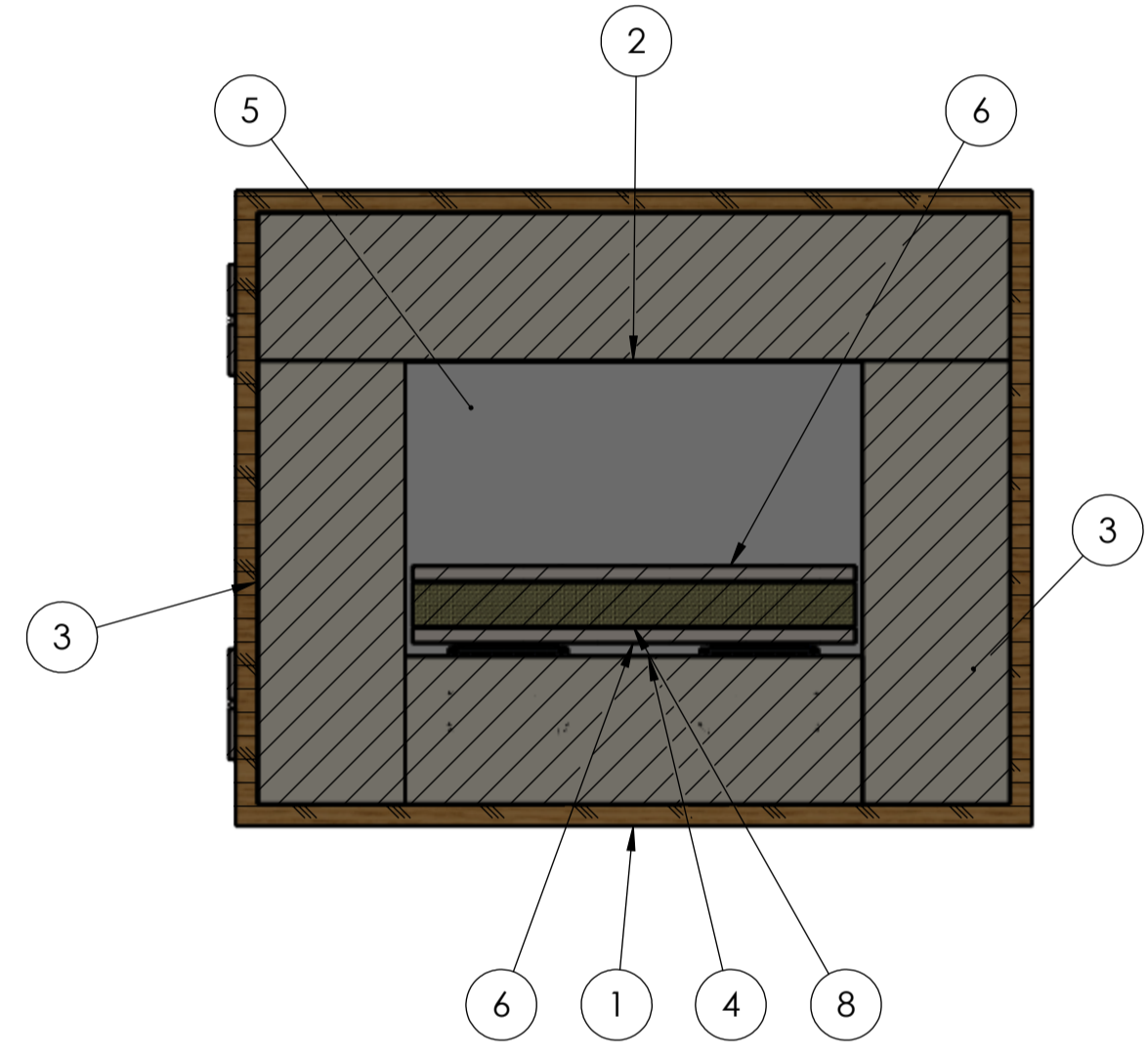
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	Código	DESCRIÇÃO	QTD.
1	CAIXA DE MADEIRA	SS-001	[460 X 540 X 430] mm	1
2	ISOLAMENTO SUPERIOR	SS-002	CONFORME DESENHO	1
3	ISOLAMENTO LATERAL	SS-003	CONFORME DESENHO	2
4	ISOLAMENTO FUNDO	SS-004	CONFORME DESENHO	1
5	ISOLAMENTO POSTERIOR	SS-005	CONFORME DESENHO	1
6	PLACA QUENTE E FRIA	SS-006	[300 X 300 X 10] mm	2
7	PORTA	SS-007	[425 X 430 X 20] mm	1
8	CORPO DE PROVA	--	[300 X 300 X 30] mm	1
9	PARAFUSO BORBOLETA	--	1/2" X 1.1/4"	2
10	DOBRADIÇA	--	2"	2
11	AQUECEDOR	--	--	4

DESENHOS DE REFERÊNCIA

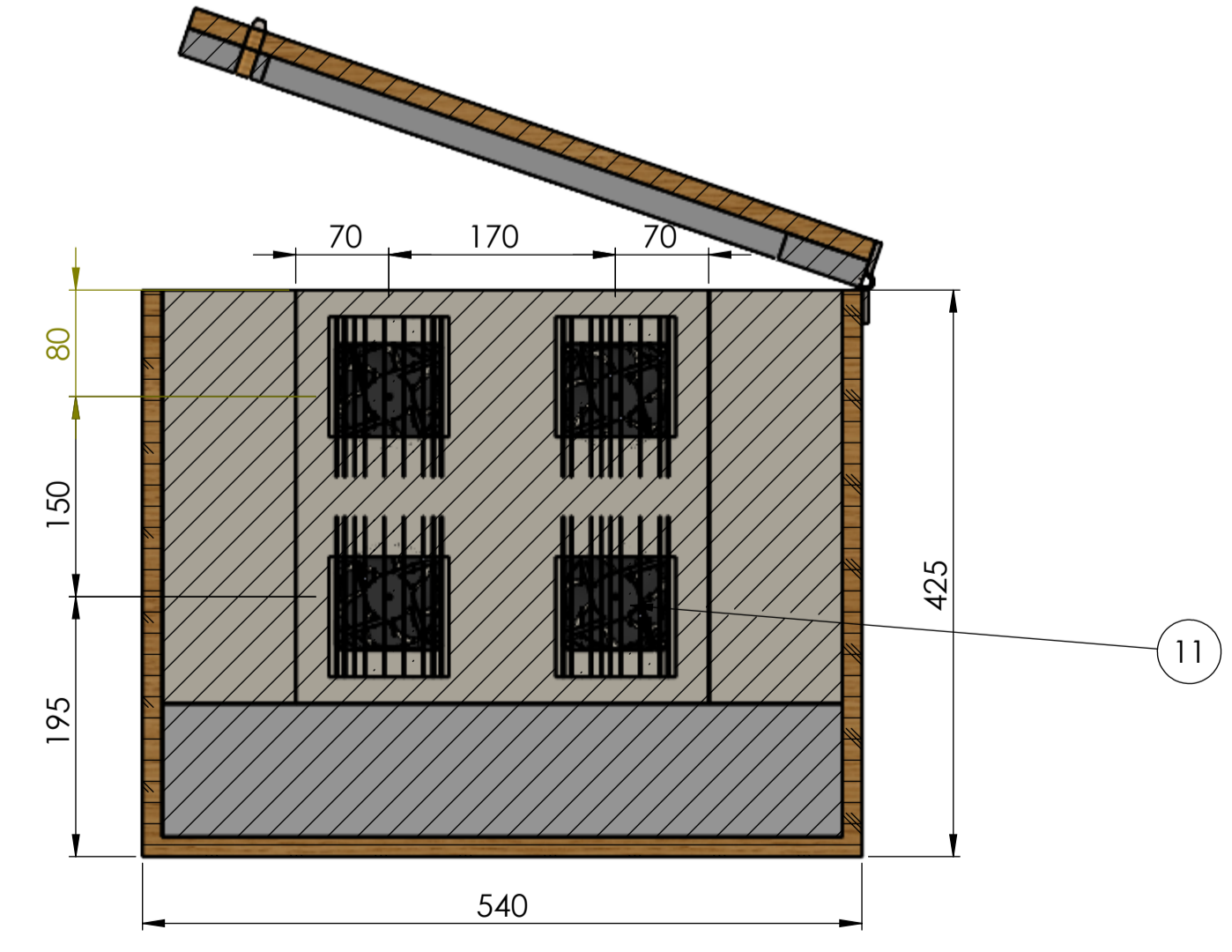
NOTAS GERAIS



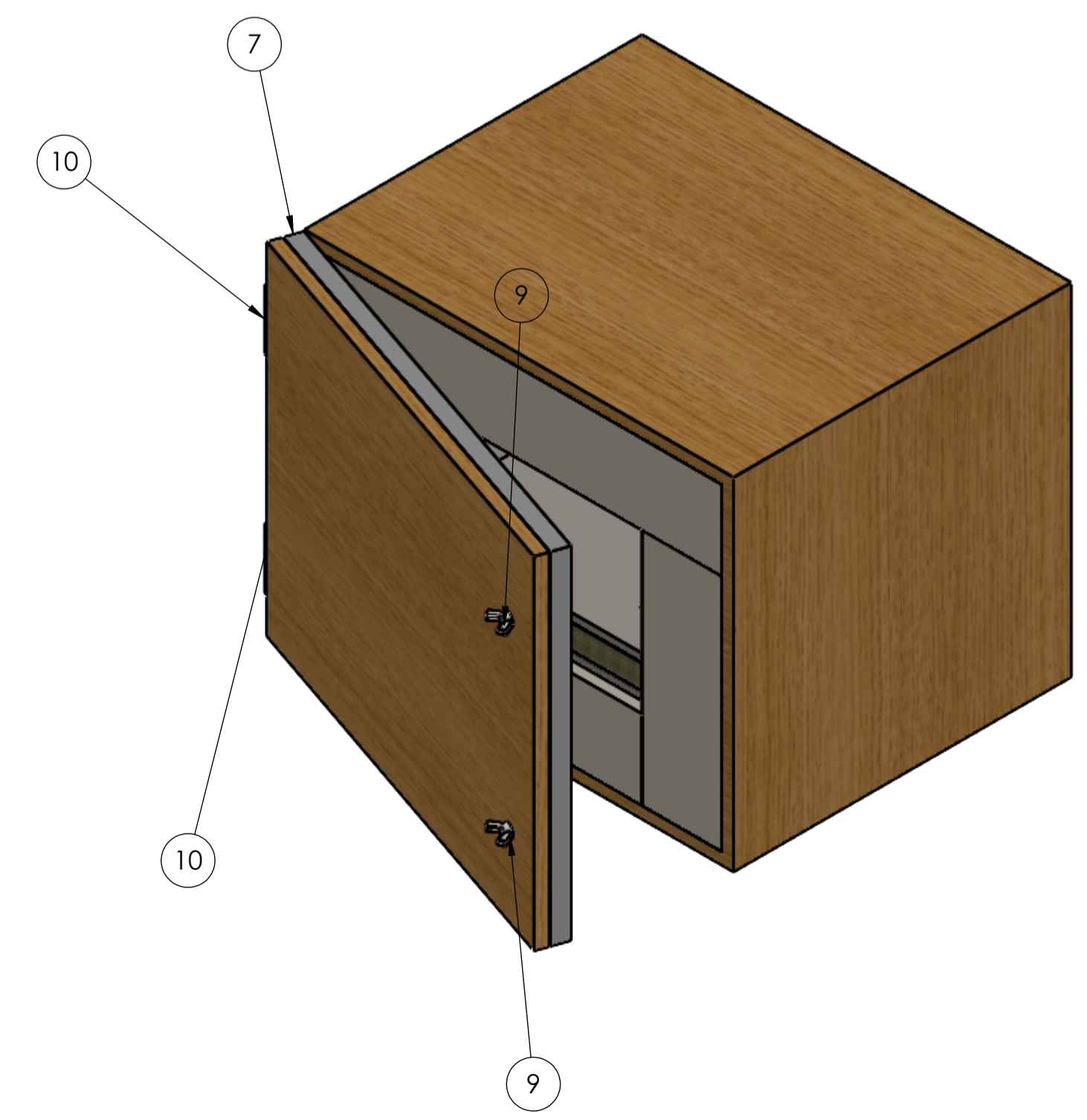
SEÇÃO A-A



SEÇÃO C-C



SEÇÃO B-B



		DATA	NOME
DES.	29/06/2025	SABRYNA S.	
CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.	
APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.	

FOLHA	EQUIPAMENTO	EM. SUBST. A:
1/1	EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	SUBSTIT. POR:
ESCALA	TÍTULO	NUMERO
1:5	MONTAGEM GERAL	SS-008
		REV. 0

PESO TOTAL (Kg):

REF.:

FORMATO: A1-R40x34

TABELA DE TOLERÂNCIAS DE ACORDO COM A NBR 6134

DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	±3,0

TABELA DE TOLERÂNCIAS ANGULARES PARA USINAGEM CONFORME NBR 6704

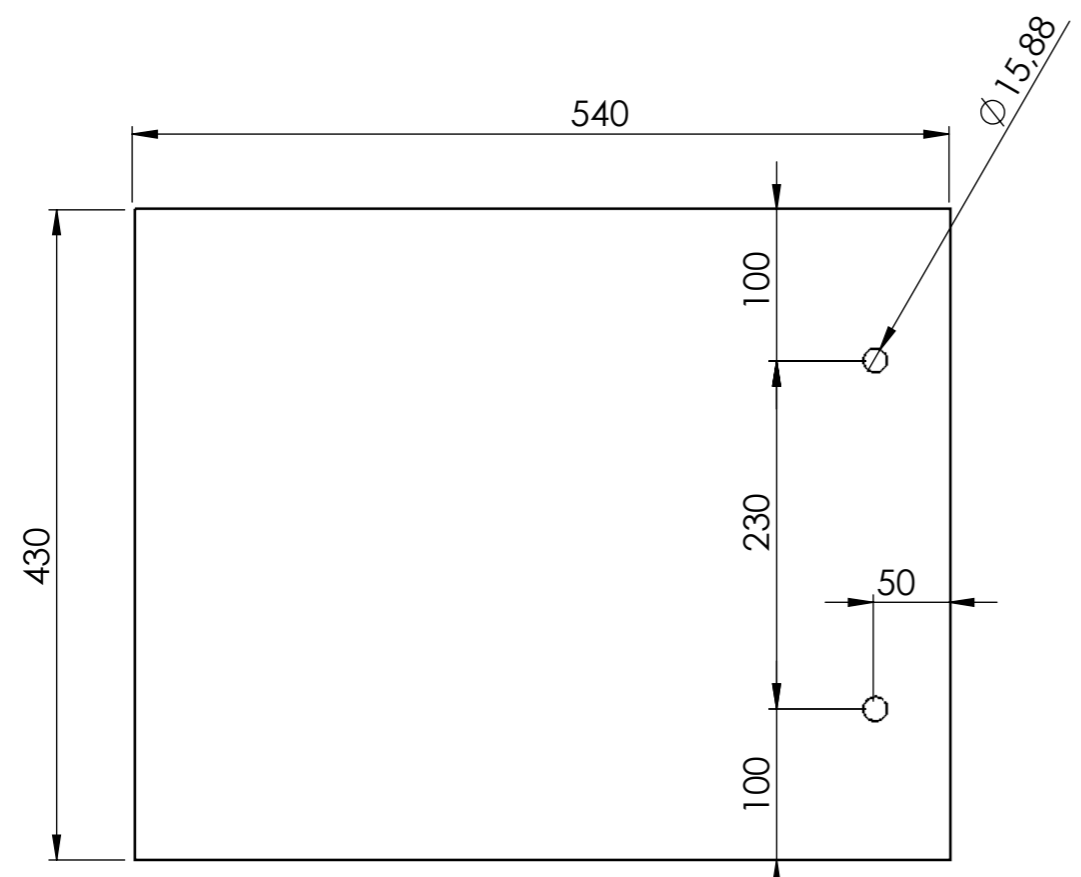
DE	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	30	120	400	1000	2000
Tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8

TABELA DE QUEDA DE CANTOS CONFORME NBR 6784

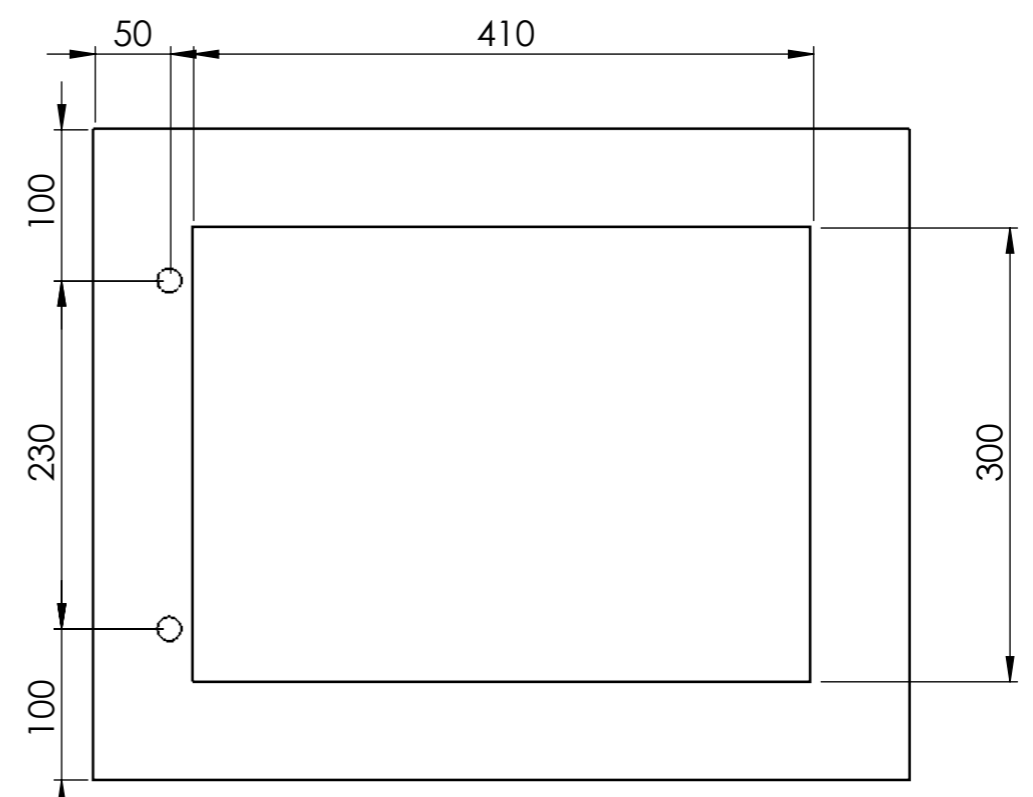
DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
Tolerância	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

TABELA DE TOLERÂNCIA DIMENSIONAL CONFORME NBR 6134

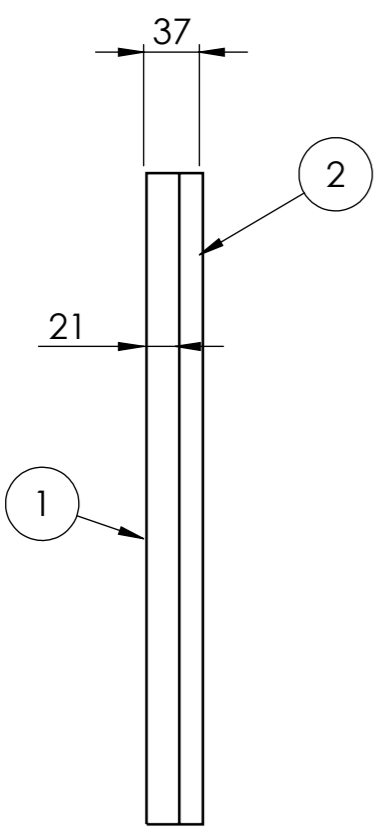
DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
Tolerância	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	±3,0



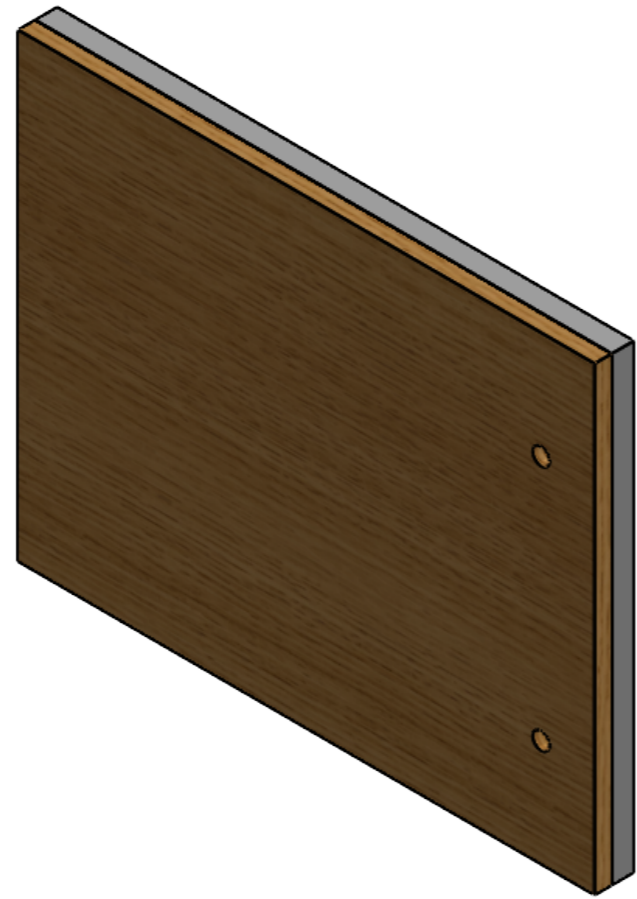
VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICO

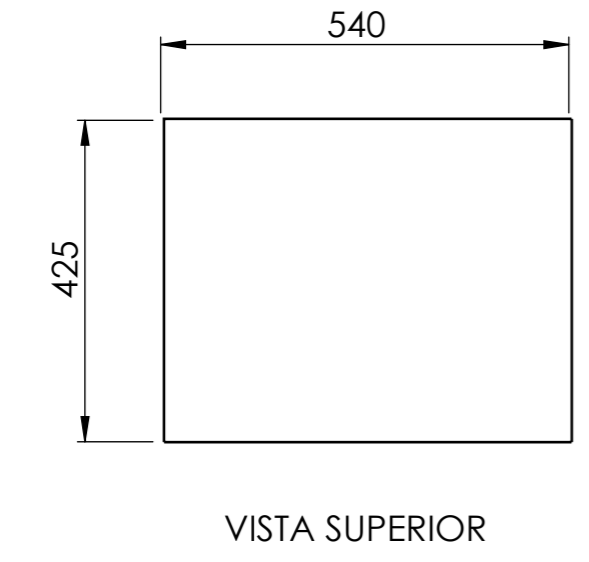
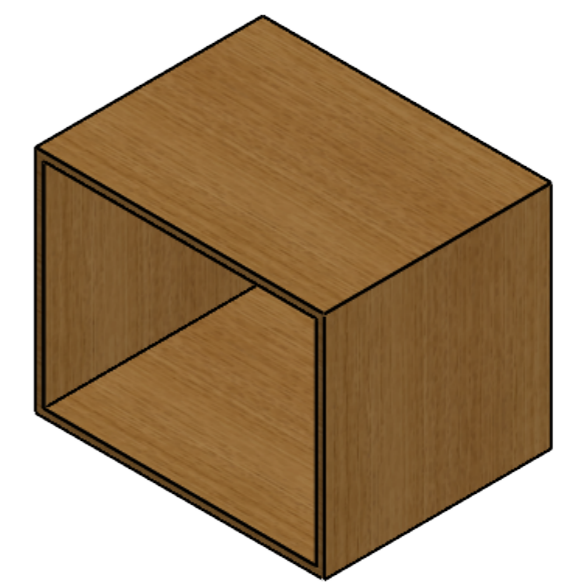
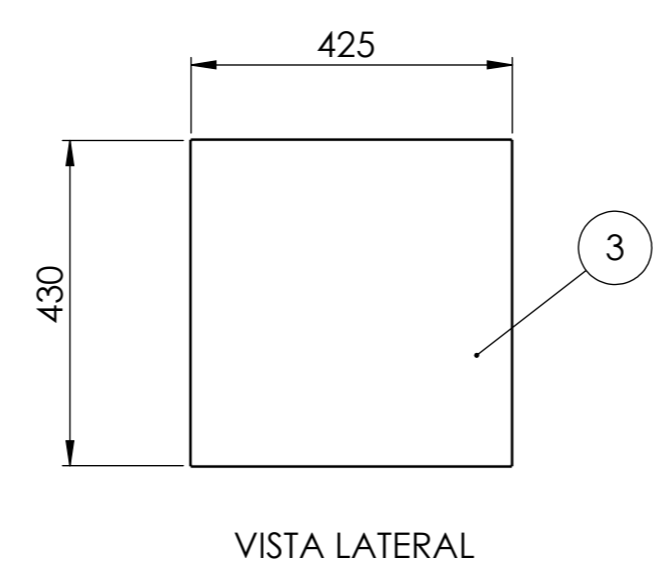
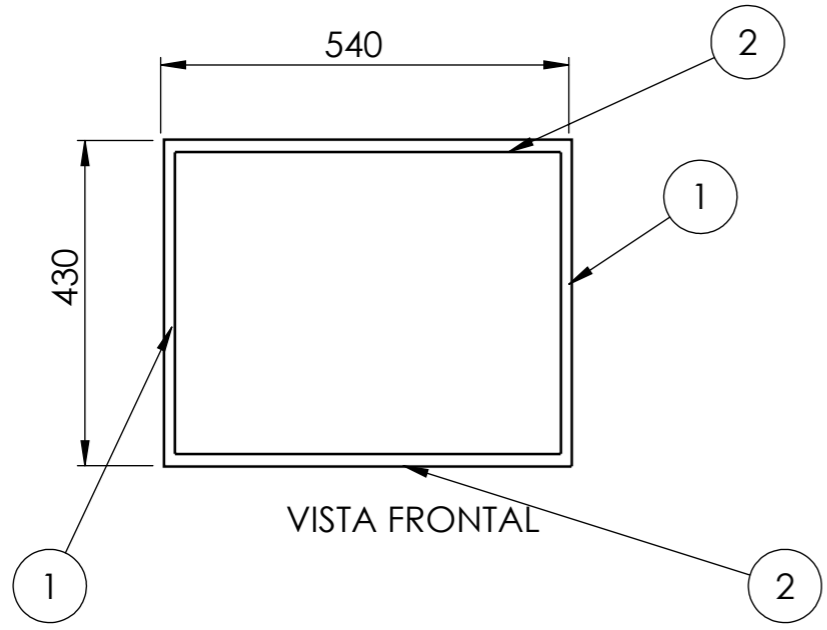
PESO TOTAL (Kg): 7.32

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	PORTA	[425 X 430 X 20] mm	1
2	ISOLANTE (ISOPOR)	[540 X 430 X 17] mm	1

	DES.	29/06/2025	SABRYNA S.
	CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.
	APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.

FOLHA	EQUIPAMENTO	EM SUBST. A:
1/1	EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA	SUBSTIT. POR:
ESCALA	TÍTULO	NUMERO
1:5	PORTA	SS-007
		REV.
		0

REF.:



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	PORTA	[425 X 430 X 20] mm	2
2	MADEIRITE INFERIOR/SUPERIOR	[540 X 425 X 20] mm	2
3	MADEIRITE POSTERIOR	[430 X 425 X 20] mm	1

	DES.	29/06/2025	SABRYNA S.	EM SUBST. A: SUBSTIT. POR: NUMERO SS-001 REV. 0
	CONF.	29/06/2025	SABRYNA S.	
	APROV.	29/06/2025	SABRYNA S.	
FOLHA 1/1	EQUIPAMENTO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA			
ESCALA 1:10	TITULO PORTA			

PESO TOTAL (Kg): 8.43

REF.:

TABELA DE TOLERÂNCIAS PARA USIMAGEM CONFORME NORMA ISO 2768-1

DE	30	120	400	1000	2000
ATE (INCLUSIVE)	30	120	400	1000	2000
Tolerância	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

TABELA DE QUERBA DE CANTOS CONFORME NORMA DIN 6784

TABELA DE TOLERÂNCIA DIMENSIONAL CONFORME NORMA DIN 15201

Dimensão	1,0	3,0	6,0	10,0	30,0	100,0	300,0	1000,0
Comprimento	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00
Comprimento	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00
Comprimento	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00
Comprimento	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00
Comprimento	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00