

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ISADORA MARTENDAL DE JESUS**

**ANÁLISE DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO  
DE INFILTRAÇÕES EM PAREDES DE ALVENARIA**

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ISADORA MARTENDAL DE JESUS**

**ANÁLISE DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO  
DE INFILTRAÇÕES EM PAREDES DE ALVENARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Juliana Machado Casali, Dra.

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

De Jesus, Isadora Martendal

ANÁLISE DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO  
DE INFILTRAÇÕES EM PAREDES DE ALVENARIA / Isadora Martendal  
De Jesus; orientação de Juliana Machado Casali.

- Florianópolis, SC, 2025.

32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado  
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico  
de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Infiltrações. 2. Umidade. 3. Ensaios Não Destrutivos.  
4. Termografia. I. Casali, Juliana Machado. II.  
Instituto Federal de Santa Catarina. III. ANÁLISE DE  
ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO DE INFILTRAÇÕES  
EM PAREDES DE ALVENARIA.

**ANÁLISE DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO DE  
INFILTRAÇÕES EM PAREDES DE ALVENARIA**

**ISADORA MARTENDAL DE JESUS**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 18 de dezembro, 2025.

Banca Examinadora:

---

Juliana Machado Casali, Dra.  
Instituto Federal de Santa Catarina

---

Luciana Maltez Calçada, Dra.  
Instituto Federal de Santa Catarina

---

Rafael Andrade de Souza, Tecg.  
Instituto Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
2.1 Estudo de Caso .....	7
2.1.1 Preparo do ambiente simulado.....	7
2.1.2 Sistema de Indução da Infiltração .....	9
2.2 Equipamentos de Ensaio Não Destrutivos .....	11
2.2.1 Câmera Termográfica.....	11
2.2.2 Termômetro de Superfície.....	12
2.2.3 Medidor de Umidade .....	12
2.2.4 <i>Wall Scanner</i> .....	13
2.3 Avaliação da Infiltração e Análise de Dados .....	14
3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	14
4 DISCUSSÕES.....	26
4.1 Influência do fechamento da tubulação.....	26
4.2 Diferenças entre métodos .....	27
4.3 Considerações sobre as dificuldades do experimento .....	28
5 CONCLUSÃO.....	29
6 ABSTRACT .....	30
7 REFERÊNCIAS.....	31

## ANÁLISE DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA O DIAGNÓSTICO DE INFILTRAÇÕES EM PAREDES DE ALVENARIA

Isadora Martendal de Jesus\*

Juliana Machado Casali, Dra.\*\*

### RESUMO

Uma das manifestações patológicas mais frequentes nas edificações brasileiras são as infiltrações, que comprometem a durabilidade das construções e o conforto dos usuários. A detecção precoce dessa manifestação é essencial para evitar danos estruturais e retrabalhos. Nesse contexto, os ensaios não destrutivos se mostram como alternativas relevantes para o diagnóstico, por permitirem a análise da estrutura sem causar danos aos elementos investigados. Este trabalho teve como objetivo analisar a eficácia de três métodos não destrutivos na identificação de infiltrações em paredes de alvenaria. Para isso, foi realizado um estudo numa parede de bloco cerâmico simulando uma situação real de infiltração com três revestimentos distintos. Os dados como temperaturas superficiais, índices de umidade e registros de imagens foram obtidos. Os resultados demonstraram que, embora todos os métodos apresentem potencial para auxiliar no diagnóstico, o *wall scanner* se destacou pela maior precisão e independência das condições ambientais, enquanto a termografia e o humidímetro mostraram limitações importantes em determinados tipos de revestimento. Assim, conclui-se que a combinação de técnicas oferece maior confiabilidade, especialmente em cenários complexos de infiltração.

**Palavras-Chave:** Infiltrações. Umidade. Ensaios Não Destrutivos. Termografia.

---

\*\* Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina. isadora.mj@aluno.ifsc.edu.br

\*\* Professora Orientadora do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina. juliana.casali@ifsc.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

As infiltrações em edificações se apresentam como uma das manifestações patológicas mais recorrentes na construção civil, correspondendo a 85% dos problemas encontrados em construções brasileiras, de acordo com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (2017, *apud* Santos, 2023). A presença contínua de umidade pode acarretar em processos de corrosão de armaduras e o surgimento de outras patologias, como mofo e eflorescências, comprometendo a vida útil das estruturas, fazendo-se essencial a detecção precoce da origem do problema.

A identificação da origem da infiltração, entretanto, nem sempre é simples, uma vez que os sinais visíveis frequentemente se manifestam em locais distintos do ponto real de entrada da água. Nesse contexto, os Ensaios Não Destrutivos (ENDs) surgem como ferramentas importantes para o diagnóstico, pois permitem avaliação do estado de uma estrutura sem causar danos ao elemento analisado (Silva, 2023).

Entre os métodos mais utilizados incluem-se a termografia infravermelha, medição de umidade por método dielétrico e inspeção eletromagnética que se destacam pela precisão, rapidez e aplicabilidade em diferentes tipos de superfícies e materiais. A utilização desses ensaios contribui, não apenas para a identificação das falhas, mas também no processo de tomada de decisão, oferecendo como vantagem o custo relativamente baixo de aplicação (Carvalho; Souza, 2024).

Essas técnicas, no entanto, podem apresentar limitações relacionadas ao ambiente, material e experiência do operador, dificultando a obtenção de resultados. A termografia digital, por exemplo, funciona por meio da diferença de temperatura das superfícies e possui a eficácia do ensaio comprometida na presença de objetos que não permitam o contraste térmico (Rocha *et al.*, 2018).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência da utilização de ensaios não destrutivos na detecção de infiltrações em uma parede de alvenaria, avaliando a precisão, rapidez e aplicabilidade dos métodos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se engloba em um estudo de natureza experimental, com abordagem qualitativa e caráter exploratório-descritivo. A natureza experimental é

definida pela manipulação controlada de variáveis, nesse caso, a indução de infiltração e a observação dos efeitos resultantes, que correspondem à detecção pelos Ensaio Não Destrutivos (ENDs) em um ambiente simulado.

A abordagem qualitativa fundamenta-se na análise interpretativa dos resultados obtidos, considerando os padrões visuais das imagens termográficas, a identificação de contrastes térmicos, a delimitação das áreas afetadas e o comportamento comparativo entre os diferentes revestimentos. Dessa forma, buscou-se compreender o desempenho e as limitações de cada método a partir da interpretação técnica dos fenômenos observados, e não apenas da mensuração numérica dos dados.

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu na realização de ensaios em uma parede de alvenaria com três revestimentos distintos para a análise da infiltração. Na segunda etapa, foram comparados os métodos aplicados, com a identificação de influências e limitações para cada técnica utilizada.

## **2.1 Estudo de Caso**

O estudo de caso se baseia na simulação de infiltração em uma parede de alvenaria. A decisão por um estudo em ambiente controlado foi pela necessidade de garantir condições semelhantes para a aplicação dos ensaios. Essa escolha permitiu que as variáveis externas não interferissem nos resultados, possibilitando uma comparação. O principal desafio foi a realização de um cenário de infiltração na parede de alvenaria de modo que fossem o mais representativos possível das condições reais. Para isso, foram escolhidos três tipos de revestimento diferentes: superfície com revestimento argamassado, superfície pintada com tinta acrílica e superfície com revestimento cerâmico, sendo as duas últimas sobre o revestimento argamassado. A simulação da infiltração tentou simular um ambiente que permitisse observar o comportamento dos ensaios de forma próxima à realidade, sem comprometer o controle necessário à pesquisa.

### **2.1.1 Preparo do ambiente simulado**

A parede de alvenaria utilizada para o estudo, já existia no Câmpus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), com dimensões de,

aproximadamente, (1,20 x 8,00) m e foi construída com blocos cerâmicos de vedação (9x19x19) cm. A Figura 1 apresenta o estado inicial da parede antes das intervenções realizadas para o estudo.

**Figura 1 - Parede de alvenaria.**

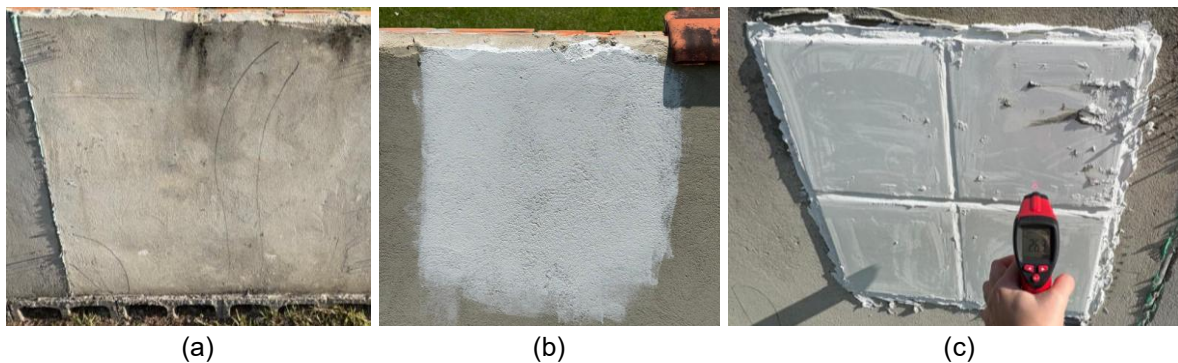


Fonte: Aatoria Própria, 2025.

Para simular as condições típicas de uma parede residencial acabada, foram aplicados três diferentes sistemas de revestimento sobre a estrutura, com o objetivo de avaliar a influência do acabamento superficial no desempenho. Os sistemas de acabamento testados foram:

- (1) Revestimento Básico (Sem Pintura): Parede chapiscada e rebocada com com espessura de aproximadamente 2,5 cm de revestimento argamassado, sem a aplicação de qualquer tipo de pintura, com idade de cura superior a dois anos (Figura 2a);
- (2) Revestimento com Pintura Acrílica: Parede com o mesmo revestimento argamassado descrito no item (1), complementado com a aplicação de três demãos de tinta acrílica como acabamento final (Figura 2b); e
- (3) Revestimento Cerâmico: Aplicação do mesmo revestimento argamassado descrito no item (1), seguido pela aplicação de revestimento cerâmico com rejunte (Figura 2c).

**Figura 2 - Revestimento utilizados: (a) básico, (b) com pintura e (c) com cerâmico.**



Fonte: Aatoria Própria, 2025.

Os ensaios foram realizados de forma independente e individual para cada um dos três tipos de acabamento descritos. Essa metodologia permitiu uma análise comparativa rigorosa da eficácia dos métodos aplicados e demonstrou a variação do desempenho da parede em função da sua superfície final.

### 2.1.2 Sistema de Indução da Infiltração

Para simular o processo de infiltração na parede de alvenaria de forma controlada e replicável (verídica), foi desenvolvido e aplicado um sistema de indução. Este sistema teve como objetivo simular uma das falhas mais comuns em sistemas hidráulicos prediais: um vazamento em uma conexão de tubulação.

Para a construção do sistema de indução de vazamento, foram utilizados os seguintes componentes hidráulicos (três conjuntos, sendo um para cada um dos diferentes acabamentos conforme apresentado na Figura 4):

- 03 (três) conexões do tipo joelho de 25mm, cada uma contendo um furo de tamanho igual para simular a falha;
- 03 (três) tubos de 25mm com 20cm de comprimento;
- 03 (três) tubos de 25mm com 30cm de comprimento; e
- 03 (três) tampões do tipo cap de 25mm.

De forma a possibilitar o vazamento, foi executado um pequeno furo em cada joelho da tubulação, já que essas conexões costumam apresentar fissuras que resultam em vazamento de água. A Figura 3 mostra os elementos furados.

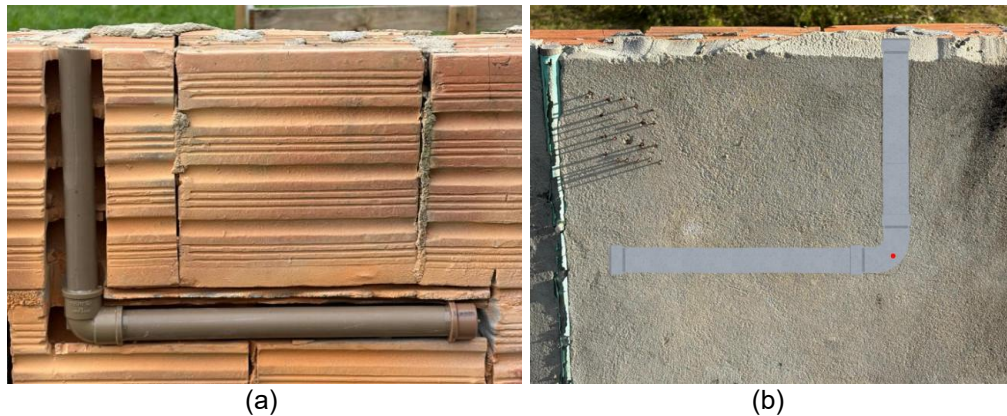
**Figura 3 - Conexões furadas.**



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 4 abaixo mostra a estrutura já alocada na parede. Observa-se que a porção perfurada do joelho está orientada para a face frontal da parede. Por esse motivo, o furo não é visível na Figura 4a, uma vez que a fotografia foi feita pelo lado oposto. A Figura 4b ilustra, na vista frontal, uma representação gráfica do posicionamento da tubulação e do furo (em vermelho).

**Figura 4 - Simulação de tubulação hidráulica na parede: Vista traseira (a) e Vista frontal (b) em representação gráfica.**



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Após a montagem do sistema, a água foi aplicada na tubulação com o auxílio de um Becker de 4 litros em cada um dos pontos de ensaio.

Inicialmente, a primeira medição foi realizada com a tubulação aberta e aparente no ponto de vazamento simulado (exatamente conforme observado na Figura 4). No entanto, após a obtenção de resultados não assertivos que não replicavam as condições reais de uma infiltração embutida, o procedimento foi ajustado. O sistema foi corrigido através do fechamento da tubulação e do furo de vazamento simulado na parede com argamassa impermeabilizante (Figura 5). Essa alteração garantiu que a água infiltrasse através da alvenaria, rumo a face frontal que seria avaliada, simulando de forma mais fidedigna o cenário de um vazamento oculto.

**Figura 5 - Simulação de tubulação hidráulica fechada com argamassa impermeabilizante.**



Fonte: Autoria Própria, 2025.

## 2.2 Equipamentos de Ensaios Não Destrutivos

Os equipamentos de ensaios não destrutivos a serem utilizados são cruciais para a coleta de dados sobre a presença e extensão da umidade, sendo eles: câmera termográfica, termômetro de superfície, medidor de umidade e *wall scanner*.

### 2.2.1 Câmera Termográfica

A câmera termográfica utilizada para a realização dos ensaios não destrutivos foi o modelo FLIR MR 277, Figura 6a, que combina diversas funcionalidades em um único equipamento. Este instrumento integra um medidor de umidade, um higrômetro e uma câmera infravermelha, utilizando a tecnologia MSX (*Multi-Spectral Dynamic Imaging*). A tecnologia MSX aprimora a imagem térmica, adicionando detalhes em tempo real da câmera de luz visível à imagem de infravermelho, o que permite a visualização precisa e contextualizada das variações térmicas na superfície.

Com resolução de 160 x 120 pixels, a câmera permite a visualização precisa de variações térmicas na superfície, sendo que a faixa de medição de temperatura vai de 0 °C a 100 °C, com precisão de  $\pm 2$  °C (FLIR, 2020). Além disso, apresenta um sensor de umidade relativa que apresenta variação de 0 a 100% e precisão de  $\pm 2,5\%$ , com o sensor sem pino integrado não invasivo. O equipamento também possui termômetro infravermelho integrado.

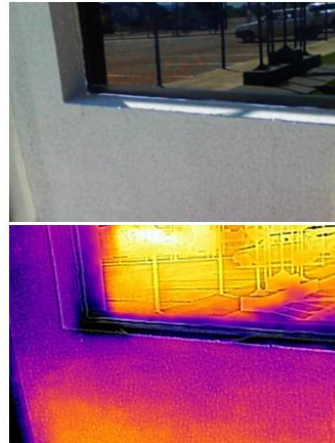
As imagens termográficas obtidas podem ser processadas e analisadas através de softwares com interface digital, como o FLIR *Thermal Studio* e o FLIR METERLINK. Esses aplicativos permitem o tratamento da coloração das imagens e a identificação precisa das temperaturas obtidas, facilitando a emissão de relatórios detalhados.

A coloração das imagens é fundamental para a interpretação dos resultados. Por exemplo, uma ausência de pingadeira em uma esquadria pode resultar na percolação de água, o que é evidenciado por uma coloração mais fria nesta região na imagem termográfica (indicando menor temperatura ou maior umidade superficial), conforme exemplificado na Figura 6b.

Figura 6 – a) Câmera FLIR MR 277 e b) Exemplo imagens extraídas da câmera termográfica.



Fonte: FLIR, 2020.  
(a)



Fonte: Autoria Própria, 2025.  
(b)

### 2.2.2 Termômetro de Superfície

A estimativa de temperatura é uma técnica importante para a análise da variação térmica de paredes e ambientes. Para este ensaio, foi utilizado o equipamento Termômetro Infravermelho RS PRO RS-836, conforme Figura 7, com variação de temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  e precisão de  $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Figura 7 - Termômetro de superfície.



Fonte: RS PRO, s.d.

### 2.2.3 Medidor de Umidade

O equipamento utilizado como Humidímetro, ou Medidor de Umidade, foi o *Calculated Industries 7445 AccuMASTER Duo Pro* (Figura 8) que mede a umidade por pinos ou sensor capacitivo. Este equipamento detecta vazamentos ocultos e umidade, podendo ser utilizado em madeira, concreto, argamassa e outros materiais de construção.

O sensor de umidade capacitivo utilizado apresenta variação de 0,1% a 99,9% e precisão de  $\pm 3\%$  para todos os materiais. Este equipamento é usado como método

não destrutivo, a ferramenta de alcance não penetrante identifica áreas que variam o teor de umidade na superfície e o sensor tem alcance de até 2 polegadas de profundidade.

Cabe salientar que, por não haver a possibilidade de medição da umidade relativa neste equipamento, a análise e obtenção de resultados pode ficar comprometida.

**Figura 8 - Medidor de umidade.**



Fonte: Calculated Industries, 2018.

#### 2.2.4 Wall Scanner

Os ensaios não destrutivos para a detecção de vazamentos envolvem a utilização de scanner de parede, ou *wall scanner*. O equipamento utilizado foi o Wall Scanner Bosch Detec-200C, conforme ilustrado na Figura 9a, que realiza a detecção de vazamentos e identificação e profundidade de elementos em paredes.

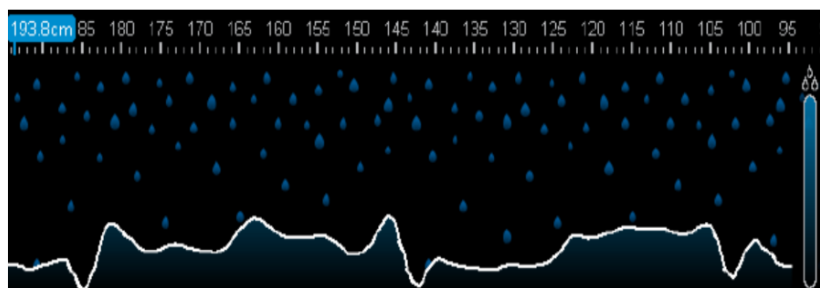
A Figura 9b apresenta a imagem extraída do equipamento no modo detecção de vazamentos, onde é permitido identificar a quantidade de água em cada ponto e medir sua distância com relação a algum objeto de referência.

**Figura 9 - a) Wall scanner e b) Exemplo de imagem extraída do wall scanner.**



Fonte: Bosch, 2025.

(a)



Fonte: Autoria Própria, 2025.

(b)

### 2.3 Avaliação da Infiltração e Análise de Dados

A coleta de dados foi estruturada em duas etapas distintas para cada sistema de acabamento: pré-infiltração (servindo como linha de base ou referência) e pós-infiltração (após a indução controlada do vazamento). O monitoramento termográfico e de umidade foi realizado em três situações climáticas específicas: A primeira situação foi em um dia com incidência solar com nuvens, a segunda em um dia com condição de céu nublado e a terceira em um dia com incidência solar após dias de chuva.

Essas variações climáticas foram empregadas para testar a robustez da termografia, uma vez que a radiação solar e o contraste térmico influenciam diretamente as leituras de temperatura superficial. Os dados coletados (temperaturas, teor de umidade e imagens termográficas) foram tabulados e analisados para determinar a precisão e a sensibilidade de cada ensaio não destrutivo em relação à infiltração. A comparação entre os métodos e acabamentos foi realizada com base nos critérios de precisão na localização da infiltração, sensibilidade na detecção da umidade e rapidez de identificação da anomalia após a indução do vazamento.

## 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as condições ambientais registradas durante os três dias de medição, dados cruciais para a contextualização e interpretação dos resultados termográficos.



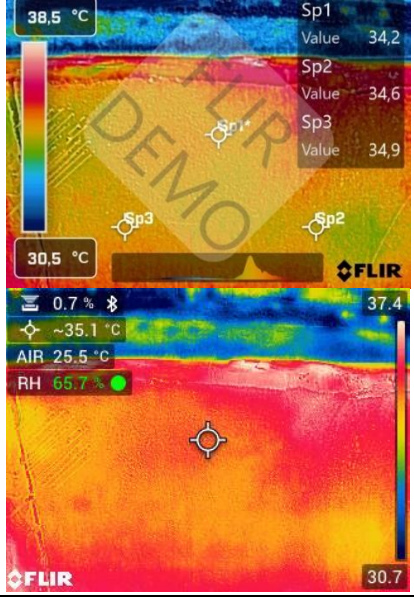
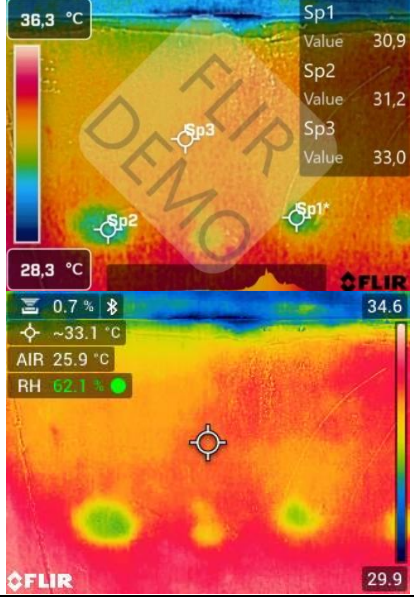
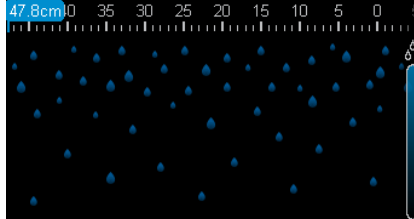
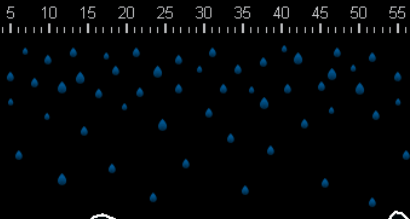
**Tabela 1 - Condições ambientais em cada dia de medição.**

<b>Dia de medição</b>	<b>Condição do céu</b>	<b>Temperatura Ambiente (°C)</b>	<b>Umidade Relativa do Ar (%)</b>	<b>Observações</b>
Dia 1	Sol entre nuvens	27,6	61,4	Parede aberta
Dia 2	Nublado	24,0	66,8	-
Dia 3	Sol	27,8	61,5	Chuva no dia anterior

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Nas Tabela 2, 3 e 4 serão apresentadas as imagens obtidas pré-infiltração e pós-infiltração no revestimento básico em cada medição, no intervalo de uma hora, utilizando: imagem digital, imagem termográfica e escaneamento da parede (detecção de vazamento).



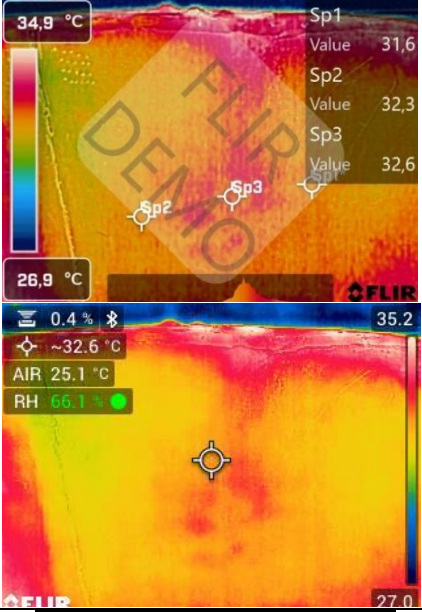
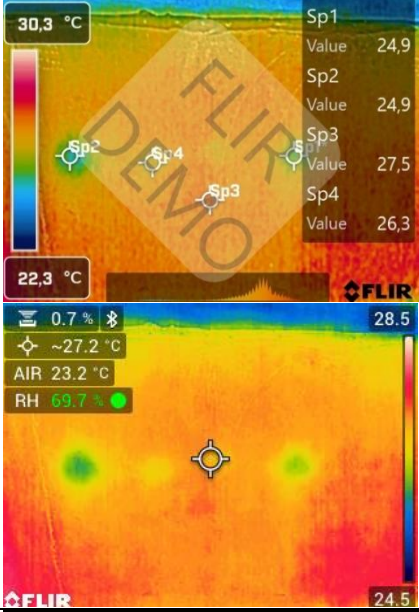
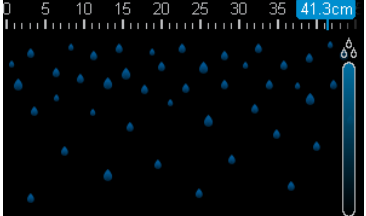
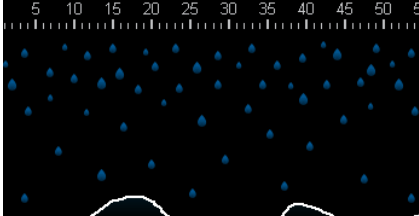
Tabela 2 - Ensaios no 1º dia de medição no revestimento argamassado.

Revestimento Argamassado (Básico) - 1º Dia - Parede Aberta		
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na Tabela 2, observou-se alterações visuais nas imagens digitais e termográficas, na qual verifica-se discreta redução de temperatura na região correspondente ao ponto de infiltração, ainda com contraste térmico limitado devido à condição inicial da tubulação aberta. No escaneamento da parede, identifica-se variação pontual indicativa da presença de umidade, porém com menor definição em comparação às medições subsequentes.



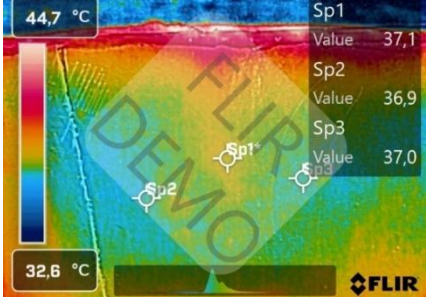
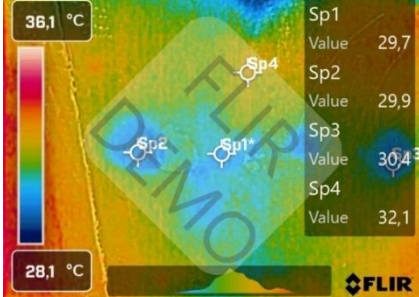
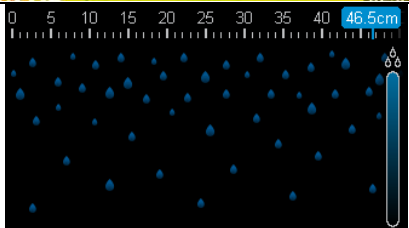
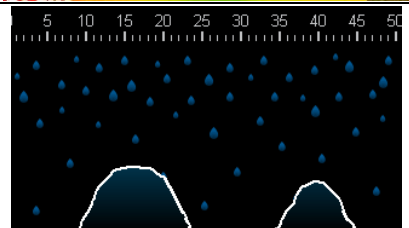
Tabela 3 - Ensaios no 2º dia de medição no revestimento argamassado.

Revestimento Argamassado (Básico) - 2º Dia - Parede Fechada		
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica	 <p>34,9 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sp1 Value 31,6</li> <li>Sp2 Value 32,3</li> <li>Sp3 Value 32,6</li> </ul> <p>26,9 °C</p> <p>0.4 %</p> <p>~32.6 °C</p> <p>AIR 25.1 °C</p> <p>RH 66.1 %</p> <p>27.0</p>	 <p>30,3 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sp1 Value 24,9</li> <li>Sp2 Value 24,9</li> <li>Sp3 Value 27,5</li> <li>Sp4 Value 26,3</li> </ul> <p>22,3 °C</p> <p>0.7 %</p> <p>~27.2 °C</p> <p>AIR 23.2 °C</p> <p>RH 69.7 %</p> <p>24.5</p>
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Tabela 3 apresenta os registros do segundo dia de medição no revestimento argamassado, também comparando as condições pré e pós-infiltração, sendo as imagens pós-infiltração obtidas aproximadamente 1 hora após a indução do vazamento. Diferentemente da primeira medição, observa-se maior definição dos resultados, especialmente após o fechamento da tubulação. Nota-se alterações visuais na imagem digital, mesmo que poucas, e, na imagem termográfica também, onde é perceptível a formação de área fria mais bem delimitada, associada ao acúmulo de umidade. O escaneamento evidencia com maior clareza a concentração de água na região correspondente ao vazamento simulado.

Tabela 4 - Ensaios no 3º dia de medição no revestimento argamassado.

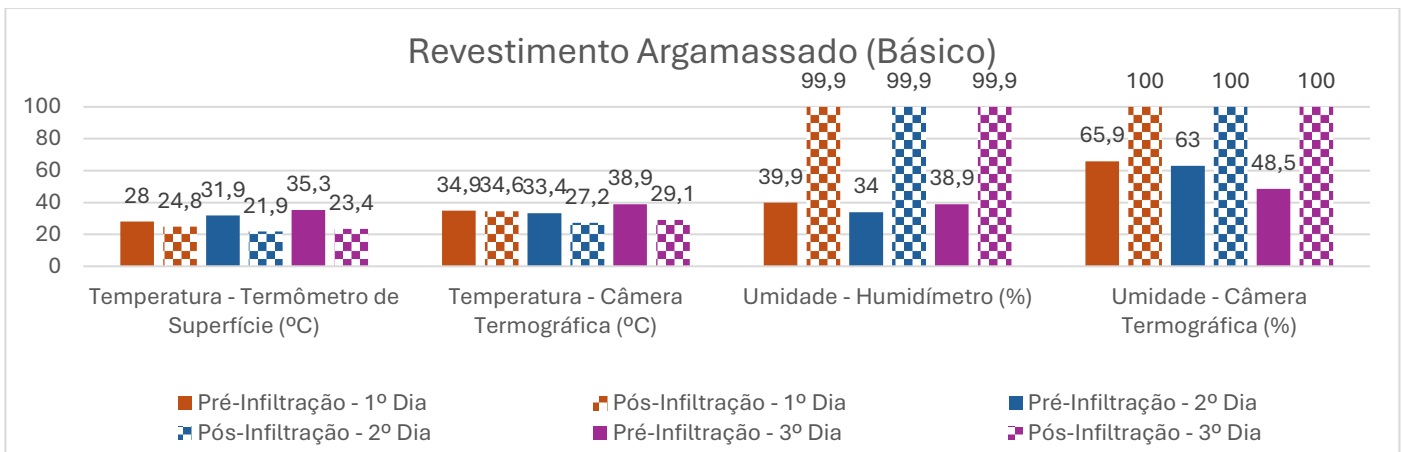
Revestimento Argamassado - 3º Dia - Parede Fechada		
Ensaio	Pré-infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica	 	
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Tabela 4 apresenta as imagens do terceiro dia de medição no revestimento argamassado, mantendo o intervalo padronizado de aproximadamente 1 hora após a infiltração para registro das imagens. Observa-se que a imagem digital apresenta alterações visuais marcantes em quatro pontos, sendo um deles em uma fissura. A imagem termográfica apresenta contraste térmico mais definido, com redução significativa da temperatura localizada na região da infiltração, diminuindo aproximadamente 8°C nos pontos medidos. No escaneamento da parede, verifica-se picos de umidade concentrados nas mesmas regiões de contraste térmico, permitindo delimitação precisa da área afetada.

Na Figura 10 apresentam-se os valores obtidos nas medições de temperatura, pelo termômetro de superfície e pela câmera termográfica, e de teor de umidade, pelo humidímetro e pela câmera termográfica, na parede de revestimento argamassado (Básico). Vale destacar que as medições de temperatura e umidade podem variar a depender do local da medição. No entanto, foram considerados pontos que mostrassem as diferenças máximas obtidas.

**Figura 10 - Valores obtidos nos ensaios do revestimento argamassado.**



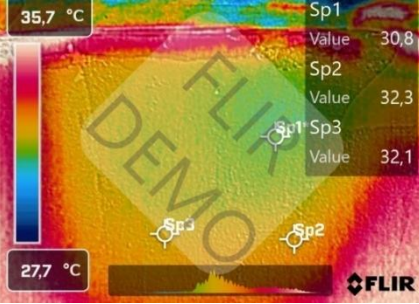
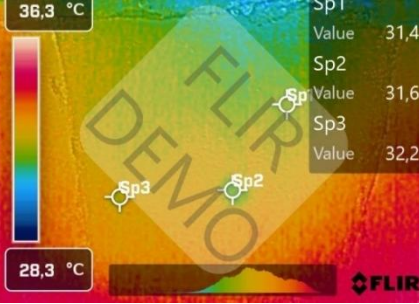

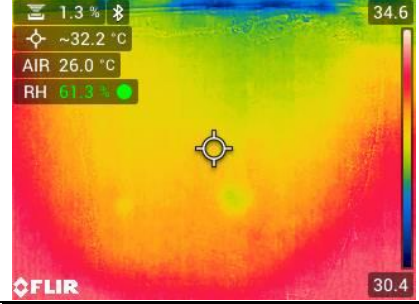
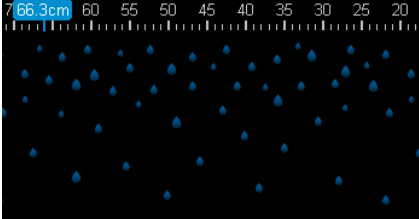
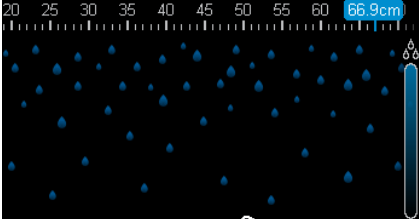


Fonte: Autoria Própria, 2025.

No revestimento argamassado, observou-se que todos os métodos apresentaram indicativo de presença de umidade, especialmente após o fechamento da tubulação nas medições 2 e 3. A termografia mostrou variações térmicas bem definidas, com regiões frias claramente associadas ao ponto de infiltração, evidenciando a sensibilidade do método em superfícies porosas e de boa condutividade. O humidímetro também apresentou aumento significativo nos valores após a infiltração, embora tenha atingido rapidamente valores próximos ao limite máximo, indicando saturação superficial. Já o *wall scanner* indicou a infiltração com precisão nas três medições, mostrando estabilidade mesmo quando o contraste térmico era menor.

Nas Tabela 5, 6 e 7 serão apresentadas as imagens obtidas pré-infiltração e pós-infiltração no revestimento com pintura em cada medição, no intervalo de uma hora, utilizando: imagem digital, imagem termográfica e escaneamento da parede (detecção de vazamento).

Tabela 5 - Ensaio no 1º dia de medição no revestimento com pintura.

Revestimento com Pintura - 1º Dia - Parede Aberta		
Ensaio	Pré-infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		



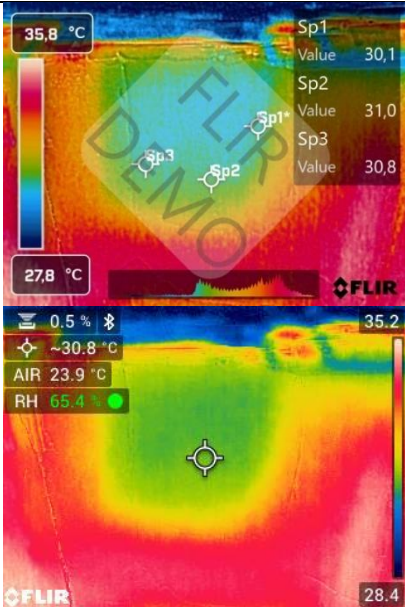
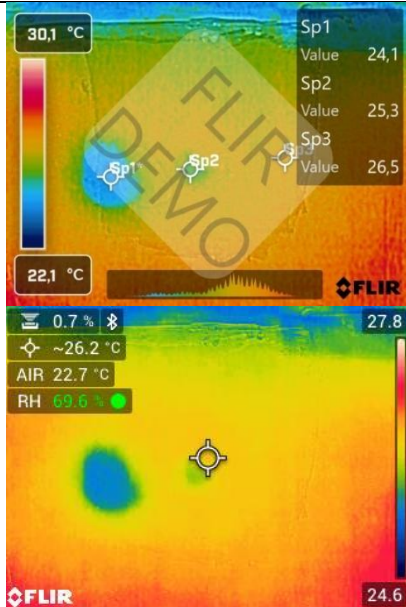
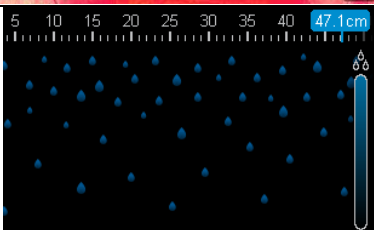
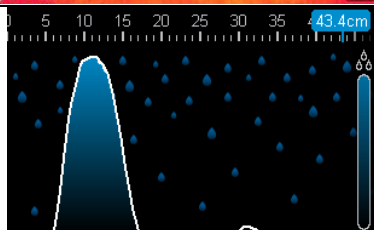
Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na Tabela 5 a imagem digital não evidencia sinais visíveis de umidade superficial, devido ao não fechamento da parede no 1º dia de medição, enquanto na imagem termográfica, o contraste térmico é discreto. No escaneamento da parede, observa-se mínima identificação da presença de água na região interna da alvenaria, novamente devido ao não fechamento da parede.

A Tabela 6, a seguir, apresenta as imagens da segunda medição no revestimento com pintura, mantendo o intervalo de 1 hora após a infiltração para captura das imagens. A imagem digital obteve alterações significativas comparadas ao 1º dia de medição. A termografia apresenta contraste térmico mais perceptível que

na primeira medição, com região fria associada ao ponto de infiltração. O escaneamento demonstra picos de umidade coincidindo com o contraste da termografia, evidenciando a eficiência do método na identificação da infiltração oculta.



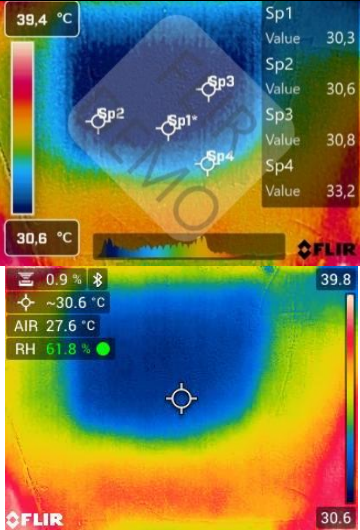
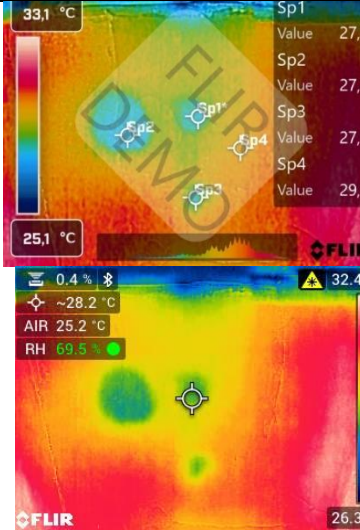
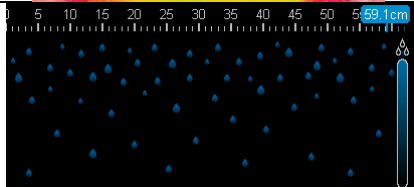
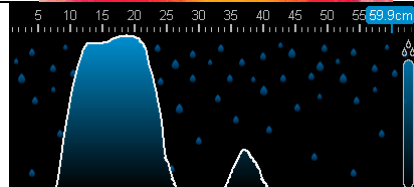
**Tabela 6 - Ensaio no 2º dia de medição no revestimento com pintura.**

Revestimento com Pintura - 2º Dia - Parede Fechada		
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na Tabela 7, a imagem digital apresenta indícios visuais claros de infiltração que coincidem com os pontos de contraste na termografia, mais perceptíveis devido às condições climáticas, e nos picos de umidade evidenciados no escaneamento.

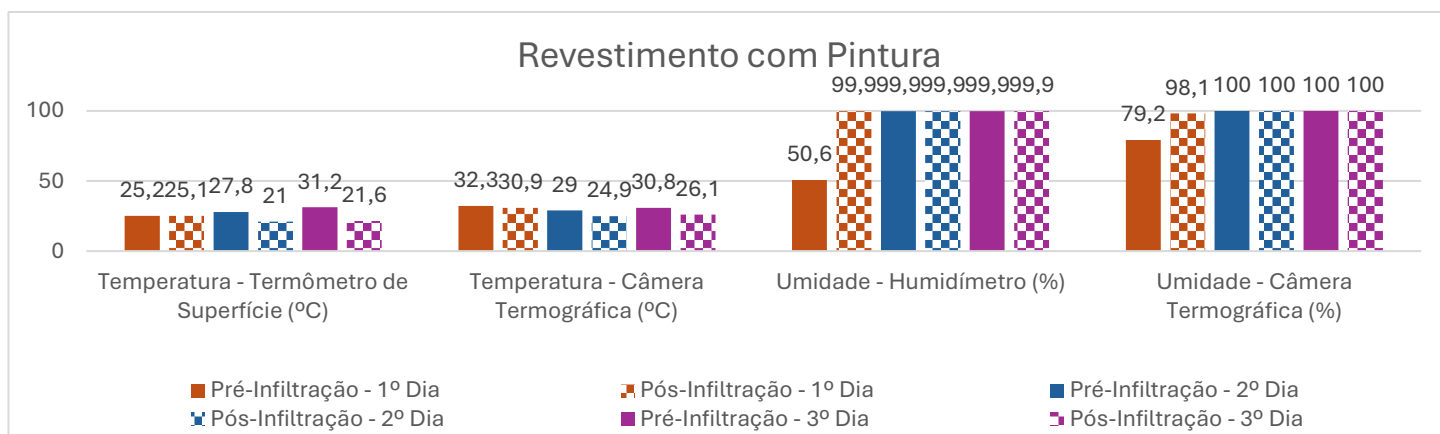
Tabela 7 - Ensaio no 3º dia de medição no revestimento com pintura.

Revestimento com Pintura - 3º Dia - Parede Fechada		
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 11 apresentam-se os valores obtidos nas medições de temperatura, pelo termômetro de superfície e pela câmera termográfica, e de teor de umidade, pelo humidímetro e pela câmera termográfica, na parede de revestimento com pintura. Vale destacar que as medições de temperatura e umidade podem variar a depender do local da medição. No entanto, foram considerados pontos que apresentassem as diferenças máximas obtidas.

**Figura 11 - Valores obtidos nos ensaios do revestimento com pintura.**





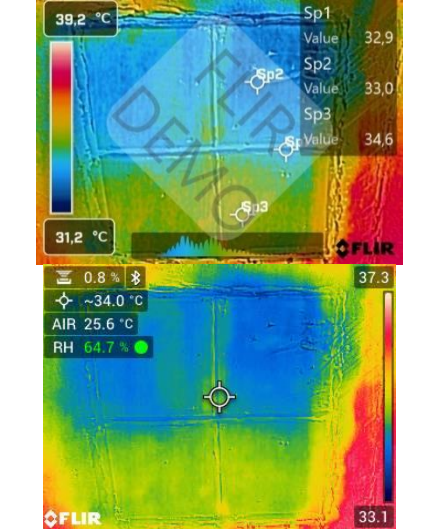
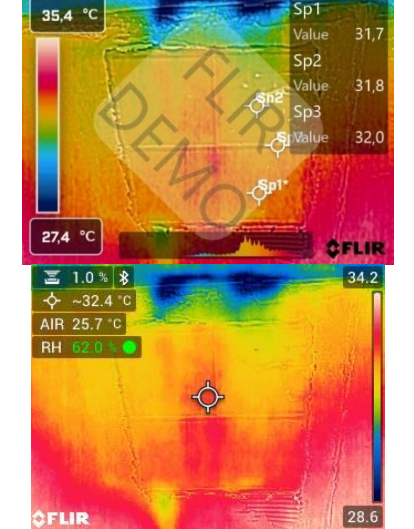
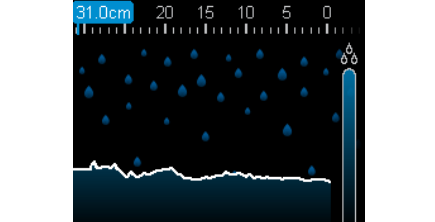
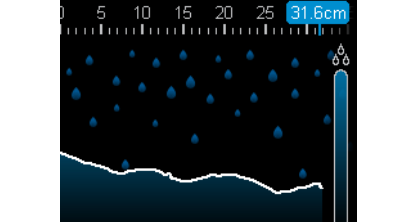
Fonte: Autoria Própria, 2025.

No revestimento com pintura, o comportamento dos métodos apresentou particularidades importantes. O humidímetro registrou valores máximos (99,9%–100%) já na condição pré-infiltração, indicando retenção de umidade superficial pelo filme de tinta e dificultando a interpretação comparativa. A termografia apresentou melhor desempenho, com áreas frias perceptíveis após a infiltração, porém com contraste térmico menos intenso que no revestimento argamassado devido ao efeito isolante da pintura. O *wall scanner* manteve desempenho consistente, detectando a infiltração nas três medições e demonstrando menor sensibilidade às limitações impostas pela camada de tinta.

Nas Tabela 8, 9 e 10 serão apresentadas as imagens obtidas pré-infiltração e pós-infiltração no revestimento cerâmico em cada medição, no intervalo de uma hora, utilizando: imagem digital, imagem termográfica e escaneamento da parede (detecção de vazamento).

A Tabela 8, a seguir, apresenta a imagem digital sem qualquer alteração visual perceptível. A termografia demonstra contraste térmico reduzido, em função da baixa absorção e condutividade do revestimento cerâmico e do não fechamento da parede. No escaneamento da parede, observa-se identificação da presença de umidade, no entanto, os picos permanecem constantes no pré e no pós-infiltração, indicando que a umidade não é advinda da infiltração.



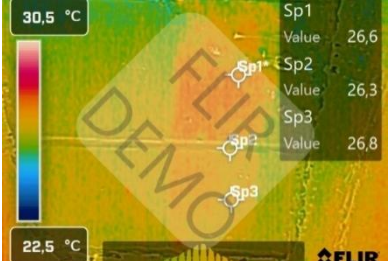
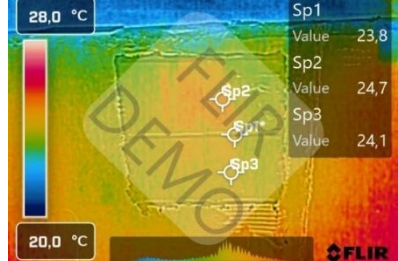

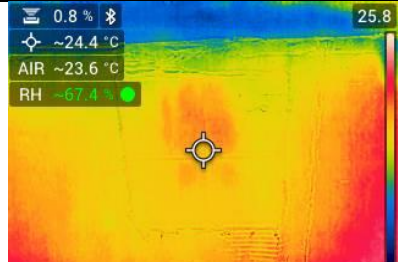
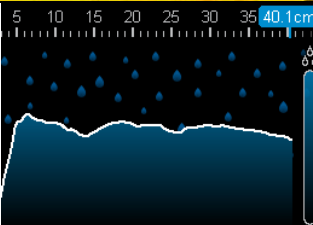
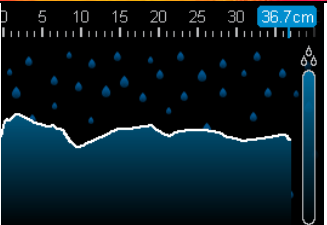
Tabela 8 - Ensaios no 1º dia de medição no revestimento cerâmico.

Revestimento Cerâmico - 1º Dia - Parede Aberta		
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Tabela 9 apresenta os registros do segundo dia de medição no revestimento cerâmico, mantendo o intervalo padronizado de 1 hora após a infiltração. A imagem digital e a termográfica permanecem sem alterações visuais. O escaneamento demonstra maior clareza na identificação da concentração de umidade atrás do revestimento, indicando a capacidade do método em superar a barreira superficial. No entanto, nota-se que a umidade já existia na cerâmica, mantendo-se o mesmo nível no gráfico obtido.



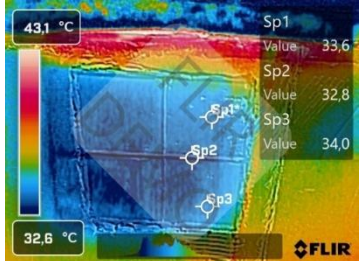
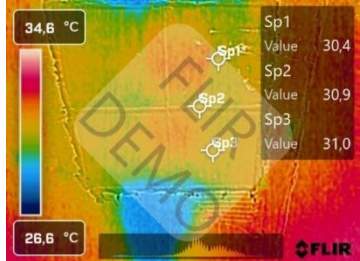
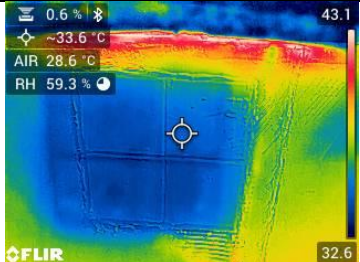
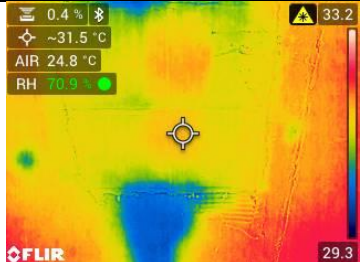
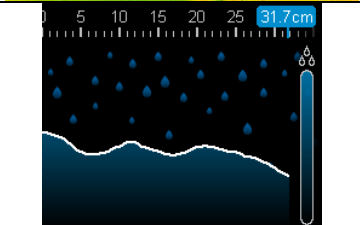
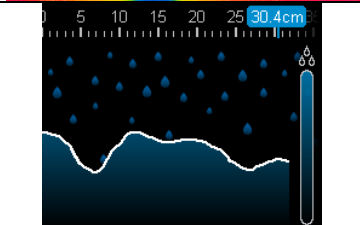
Tabela 9 - Ensaios no 2º dia de medição no revestimento cerâmico.

Revestimento Cerâmico - 2º Dia - Parede Fechada																				
Ensaio	Pré-Infiltração	Pós-infiltração																		
Imagem Digital																				
Imagem Termográfica	 <table border="1"> <tr><td>Sp1</td><td>Value</td><td>26,6</td></tr> <tr><td>Sp2</td><td>Value</td><td>26,3</td></tr> <tr><td>Sp3</td><td>Value</td><td>26,8</td></tr> </table>	Sp1	Value	26,6	Sp2	Value	26,3	Sp3	Value	26,8	 <table border="1"> <tr><td>Sp1</td><td>Value</td><td>23,8</td></tr> <tr><td>Sp2</td><td>Value</td><td>24,7</td></tr> <tr><td>Sp3</td><td>Value</td><td>24,1</td></tr> </table>	Sp1	Value	23,8	Sp2	Value	24,7	Sp3	Value	24,1
Sp1	Value	26,6																		
Sp2	Value	26,3																		
Sp3	Value	26,8																		
Sp1	Value	23,8																		
Sp2	Value	24,7																		
Sp3	Value	24,1																		
Imagem Termográfica	 <p>0.6 % ~25.0 °C AIR 23.3 °C RH 68.3 %</p>	 <p>0.8 % ~24.4 °C AIR ~23.6 °C RH ~67.4 %</p>																		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento																				

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Na Tabela 10 a imagem digital também não evidencia alterações superficiais. A termografia apresenta contraste térmico, no entanto, em regiões que não continham revestimento cerâmico, invalidando a obtenção do resultado. Em contrapartida, o escaneamento da parede evidencia a presença de umidade. No entanto, novamente, nota-se que não há diferença entre o antes e o depois, mostrando que a umidade presente já estava absorvida na cerâmica.

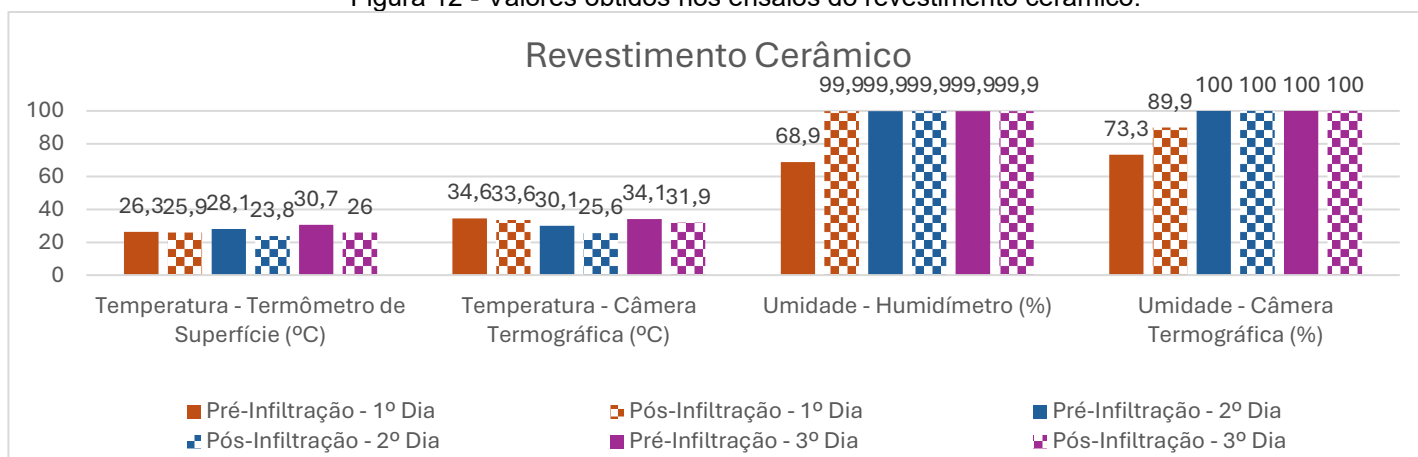
Tabela 10 - Ensaios no 3º dia de medição no revestimento cerâmico.

Revestimento Cerâmico - 3º Dia - Parede Fechada		
Ensaio	Pré-infiltração	Pós-infiltração
Imagem Digital		
Imagem Termográfica		
Imagem Termográfica		
Escaneamento da Parede - Detecção de Vazamento		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

A Figura 12 apresentam-se os valores obtidos nas medições de temperatura, pelo termômetro de superfície e pela câmera termográfica, e de teor de umidade, pelo humidímetro e pela câmera termográfica, na parede com revestimento cerâmico. Vale destacar que as medições de temperatura e umidade podem variar a depender do local da medição. No entanto, foram considerados pontos que mostrassem as diferenças máximas obtidas.

Figura 12 - Valores obtidos nos ensaios do revestimento cerâmico.



No revestimento cerâmico, as limitações dos métodos se tornaram mais evidentes, conforme apresentado na Figura 12. A cerâmica, por possuir baixa absorção e baixa condutividade térmica, dificultou a detecção da infiltração pela câmera termográfica, resultando em contrastes térmicos nulos. O humidímetro apresentou comportamento semelhante ao da pintura, atingindo valores máximos imediatamente, o que indica sensibilidade superficial exagerada, sem diferenciar profundidade ou intensidade da umidade. O *wall scanner*, apesar de identificar a umidade presente, não diferenciou a umidade da cerâmica com a infiltração simulada, também apresentando dificuldades. Assim, entre os três revestimentos, o cerâmico foi o que apresentou maiores desafios aos métodos convencionais, reforçando a importância de equipamentos capazes de avaliar camadas internas.

## 4 DISCUSSÕES

A análise dos dados apresentados nas nove tabelas de resultados evidencia diferenças significativas entre as medições, influenciadas tanto pelos métodos empregados quanto pelas condições físicas da parede, especialmente do fechamento ou não da tubulação. As medições também foram influenciadas pelos diferentes tipos de revestimentos e às condições ambientais de cada ensaio.

### 4.1 Influência do fechamento da tubulação

Um fator crítico identificado no estudo foi a diferença entre a primeira medição e as demais. Durante a primeira medição, a tubulação localizada atrás da parede não

estava fechada com argamassa, permitindo que a água infiltrasse de maneira mais difusa e menos controlada. Isso dificultou a visualização exata do ponto de infiltração em todas as técnicas aplicadas, reduzindo o contraste térmico e prejudicando a precisão da análise.

Nas medições seguintes, a tubulação já havia sido completamente fechada, o que proporcionou: maior direcionamento do fluxo de água, identificação da infiltração de forma mais clara e concentrada e maior contraste térmico.

Esse fechamento contribuiu diretamente para a maior nitidez da infiltração, especialmente nos equipamentos de varredura eletromagnética e termográfica, evidenciando a importância do controle de variáveis construtivas para análises comparativas confiáveis.

## 4.2 Diferenças entre métodos

O humidímetro demonstrou elevada sensibilidade à presença de umidade superficial, apresentando valores elevados mesmo antes da indução da infiltração em alguns revestimentos. Esse comportamento evidencia sua limitação em diferenciar profundidade e intensidade da umidade, especialmente em superfícies com pintura ou revestimentos menos permeáveis, onde pode ocorrer saturação rápida do equipamento. Em contrapartida, nas paredes onde o *wall scanner* ainda indicava parede seca, o humidímetro já apresentava valores extremamente elevados, demonstrando sua sensibilidade superficial, porém com baixa seletividade e pouca capacidade de diferenciar profundidade e intensidade.

A medição da temperatura de superfície é uma técnica importante para a análise da variação térmica, resultando em diferenças de temperatura da parede entre o estado inicial e após a infiltração. Por exemplo, no 1º dia de medição no revestimento argamassado, a temperatura da parede medida pelo termômetro de superfície caiu de 28°C para 24°C em 1 hora após a infiltração, enquanto a temperatura ambiente se encontrava em 27,6°C. Essa queda de temperatura está diretamente associada à presença de umidade, que tem um efeito refrigerador devido à evaporação.

A termografia apresentou resultados mais consistentes nas medições 2 e 3, quando a tubulação estava fechada. A concentração da água permitiu maior variação

térmica, resultando em uma redução significativa de temperatura após a infiltração, na formação de padrões térmicos claros e frios e na identificação precisa da área afetada. Entretanto, o método demonstrou limitações relacionadas às condições ambientais e ao tipo de revestimento, apresentando menor contraste térmico em dias nublados e em superfícies cerâmicas, nas quais a baixa absorção dificulta a identificação da umidade.

O *wall scanner* apresentou o desempenho mais estável e confiável entre todos os métodos. Mesmo nas paredes onde o humidímetro indicava saturação e a termografia perdia sensibilidade, o scanner conseguiu identificar com clareza os pontos de infiltração.

O fato de o *wall scanner* indicar parede seca enquanto o humidímetro já apresentava 100% antes da infiltração reforça suas vantagens: primeiro por ser menos suscetível a umidade superficial residual e segundo por avaliar a umidade de forma mais profunda e estruturada. Ainda, o *scanner* foi eficaz em condições de baixa variação térmica, se sobressaindo com relação a câmera termográfica.

### **4.3 Considerações sobre as dificuldades do experimento**

Durante o estudo, foram observadas limitações que influenciaram os resultados, como a ausência de fechamento da tubulação na primeira medição, prejudicando a precisão de equipamentos, variações climáticas que afetaram a termografia, dificuldade no controle da umidade residual, especialmente em superfícies pintadas, e a saturação do humidímetro, que restringe comparações mais precisas. Além disso, a presença de diferentes revestimentos alterou a resposta dos equipamentos.

Esses fatores reforçam a necessidade de controle rigoroso das condições experimentais para comparações mais robustas.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram avaliar de forma abrangente a eficácia de três métodos não destrutivos no diagnóstico de infiltrações em paredes de alvenaria. De modo geral, conclui-se que o humidímetro foi eficaz para confirmar a presença de umidade, porém apresentou baixa precisão para distinguir variações e rápida saturação, especialmente em superfícies com pintura, onde registrou valores elevados mesmo antes da infiltração. Assim, mostrou-se mais adequado como ferramenta preliminar de triagem em superfícies acessíveis, principalmente argamassadas.

A termografia demonstrou boa capacidade de localização e visualização da umidade, com melhor desempenho em revestimentos argamassados e pintados. Entretanto, apresentou limitações em dias nublados e em revestimentos cerâmicos, nos quais o contraste térmico é reduzido, sendo mais indicada para varreduras rápidas em áreas amplas quando as condições ambientais são favoráveis.

O *wall scanner* apresentou o desempenho mais consistente e independente das condições ambientais, com maior sensibilidade no revestimento cerâmico e capacidade de fornecer o posicionamento preciso da infiltração.

Além disso, constatou-se que a falta de fechamento da tubulação na primeira medição comprometeu a eficiência dos métodos, especialmente a termografia. Nas medições onde a tubulação estava devidamente fechada, a infiltração foi mais clara, permitindo leituras mais confiáveis.

Dessa forma, recomenda-se o uso do humidímetro para triagem inicial, da termografia para varredura ampla e análise térmica e do *wall scanner* para confirmação e localização precisa, sendo a combinação sequencial das técnicas a abordagem mais segura para diagnósticos completos.

Portanto, a combinação sequencial das técnicas, triagem superficial, análise térmica e confirmação por escaneamento, constitui a abordagem mais segura e tecnicamente fundamentada para diagnósticos completos de infiltrações.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se:

- Realizar o ensaio em ambientes internos, onde as condições ambientais são controladas;
- Testar outros tipos de revestimento;
- E incluir métodos adicionais, como ultrassom e sensores capacitivos de maior profundidade.

## ANALYSIS OF NON-DESTRUCTIVE TESTS FOR THE DIAGNOSIS OF INFILTRATIONS IN MASONRY WALLS

### 6 ABSTRACT

One of the most common pathological manifestations in Brazilian buildings is water infiltration, which compromises the durability of structures and the comfort of their occupants. Early detection of this issue is essential to prevent structural damage and rework. In this context, non-destructive testing methods emerge as relevant alternatives for diagnosis, as they allow for the analysis of structures without causing harm to the investigated elements. This study aims to analyze the effectiveness of three non-destructive methods in identifying infiltration in masonry walls. For this purpose, an experimental analysis was conducted on a ceramic block wall simulating a real infiltration scenario with three different types of wall finishes. The applied tests were used to assess the ability of each technique to detect the presence of moisture. A quantitative approach was adopted through the collection of data such as surface temperatures, moisture indices, and image records. The results showed that, although all methods have potential to support the diagnosis, the wall scanner showed greater accuracy and less dependence on environmental conditions, while thermography and the moisture meter presented significant limitations in certain types of finishes. Therefore, it is concluded that the combination of techniques provides greater reliability, especially in complex infiltration scenarios.

**Keywords:** Infiltration. Moisture. Non-Destructive Testing. Thermography.

## 7 REFERÊNCIAS

BOSCH. **Ficha de dados de produtos**: Scanner de parede D-tect 200 C. S.L, 2025. Disponível em: <https://www.bosch-professional.com/br/pt/pdf/productdata/scanner-de-parede-d-tect-200-c-sheet.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2025.

CALCULATED INDUSTRIES. **ACCUMASTER DUO PRO: USER'S MANUAL**. S.L, 2018. Disponível em: <https://www.calculated.com/UGFiles/UG7445E-A.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2025.

CARVALHO, Emerson Meireles de; SOUZA, Luana de Jesus. **APLICAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS EM PERÍCIAS DE ENGENHARIA**. São Paulo: Ibape, 2024. 24 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibape-nacional.com.br/wp-content/uploads/2024/10/BTec-2024-015-Aplicacao-de-ensaios-nao-destrutivos-em-pericias-de-engenharia.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2025.

FLIR. **GUIA DO MEDIDOR DE UMIDADE**: FLIR MR277. S.L, 2020. Disponível em: <https://www.flir.com.br/products/mr277/?vertical=condition+monitoring&segment=solutions>. Acesso em: 08 jul. 2025.

FLIR. **USER MANUAL**: METERLiNK Mobile. S.L, 2023. Disponível em: [https://www.flir.com.br/globalassets/industrial/pdp-blocks/meterlink-update-page/meterlink-um\\_en-us.pdf](https://www.flir.com.br/globalassets/industrial/pdp-blocks/meterlink-update-page/meterlink-um_en-us.pdf). Acesso em: 08 jul. 2025.

ROCHA, Joaquin Humberto Aquino; SANTOS, Cynthia Firmino dos; OLIVEIRA, Jaqueline Barros de; ALBUQUERQUE, Larissa Kelly dos Santos; PÓVOAS, Yêda Vieira. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 329-340, out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). DOI: 10.1590/s1678-86212018000400308. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/JB8Nn8dpLWMmbGypFvdpLSg/?format=pdf>. Acesso em: 09 jul. 2025.

RS PRO. **Instruction Manual**: RS-836. S.D. Disponível em: <https://www.manualslib.com/manual/3042160/Rs-Pro-Rs-836.html#manual>. Acesso em: 08 jul. 2025.

SANTOS, Marcus Vinícius Cardoso. **ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEIS**. 2023. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10041430.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2025.

SILVA, Gisele Mol da. **Ensaio Não Destrutivo**. 2023. Disponível em: <https://www.demat.cefetmg.br/6ensaios-nao-destrutivos-163/>. Acesso em: 09 jul. 2025.