

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE BELAS ARTES  
CURSO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE BENS CULTURAIS MÓVEIS

Viviane Aparecida Silva

**Protocolo de tratamento para documentos gráficos danificados por lama:  
metodologia emergencial e global de limpeza e remoção de resíduos de  
enchentes**

Belo Horizonte  
2025

Viviane Aparecida Silva

**Protocolo de tratamento para documentos gráficos danificados por lama:  
metodologia emergencial e global de limpeza e remoção de resíduos de  
enchentes**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis.

Orientadora: Profª. Drª. Camilla Henriques Maia de Camargos

Belo Horizonte

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**ESCOLA DE BELAS ARTES**

**COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM CONSERVAÇÃO E  
RESTAURAÇÃO DE BENS CULTURAIS MÓVEIS**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**"Protocolo de tratamento para documentos gráficos danificados por lama:  
metodologia emergencial e global de limpeza e remoção de resíduos de  
enchentes"**

**Viviane Aparecida Silva**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis, aprovado em 09/07/2025 pela banca constituída pelos membros:

**Profa. CAMILLA HENRIQUES MAIA DE CAMARGOS**

Orientadora

**Prof. MAYCON FELIPE SILVA AMARAL**

Examinador

**Profa. HANNA FEDRA CARVALHO DE ANDRADE**

Examinador

Belo Horizonte, 09 de julho de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Camilla Henriques Maia de Camargos, Coordenador(a) de curso**, em 11/07/2025, às 14:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hanna Fedra Carvalho de Andrade, Usuária Externa**, em 15/09/2025, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maycon Felipe da Silva Amaral, Usuário Externo**, em 08/10/2025, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4358379** e o código CRC **F7CCFD0F**.

**Referência:** Processo nº 23072.241770/2025-29

SEI nº 4358379

Folha de Aprovação 4358379 SEI 23072.241770/2025-29 / pg. 2

*Ao meu pai Idalécio Nunes da Silva (in memoriam), pelos incentivos, conselhos e sabedoria.*

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço a todos que fizeram parte dessa minha jornada até aqui, que não foi fácil. Mas com apoio e confiança de todos pude chegar ao fim de mais um ciclo em minha vida. Dessa forma quero agradecer a cada um que foi essencial e importante para mim nessa caminhada.
- À Fump pela ajuda financeira, sem ela no início da jornada não teria chegado tão longe.
- À UFMG pela oportunidade de ter concluído o curso de Conservação e Restauração de bens Culturais Móveis.
- Aos professores que compartilharam durante esses anos seus conhecimentos.
- Aos colegas do curso pela troca de conhecimento e aprendizado.
- A minha família, minha mãe Suely e minhas irmãs Amanda e Joice que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.
- A todos do MIS (Museu da Imagem e Som) por ter sido o primeiro lugar que estagiei e pela oportunidade que me foi dada, principalmente pela a Conservadora-restauradora Natercia Pons.
- À coordenadora Sonia Santos, a Conservadora-restauradora Hanna Andrade e à gerente Simone Meireles pela oportunidade que me deram de poder estagiar no TJMG.
- Aos Conservadores-restauradores Maycon Amaral e Patrícia Lavall pela convivência, pela experiência e troca de conhecimento e aos estagiários que podem dividir comigo esses momentos importantes.
- Aos historiadores André Onofre e Júlia Passini pela convivência e pela troca de conhecimento.
- Em especial, à professora e orientadora Camilla Camargos, por me apoiar nesse projeto, pela dedicação, paciência e pelo conhecimento.
- Ao meu amigo Danilo pelo apoio, parceria e compreensão.
- A todos com que pude conviver durante esses anos na Universidade e nos estágios que fiz, pois são tantos que é impossível citar todos os nomes. Mas agradeço a todos.
- Aos meus pets, que nas horas sozinha escrevendo esse trabalho estavam sempre comigo fazendo companhia.

*"Sempre parece impossível, até que seja feito."*  
Nelson Mandela

## RESUMO

A preservação de documentos gráficos históricos afetados pela lama é um desafio urgente em contextos de desastres naturais, em virtude de sua importância como registros da memória e identidade social. Este trabalho tem como objetivo desenvolver protocolos de limpeza emergencial e global para documentos afetados por enchentes, impregnação de material particulado e contaminantes entre as fibras celulósicas, manchas, fragilidade de suporte, apagamento da escrita e proliferação de microrganismos. A pesquisa contempla dois tipos de suporte de papel largamente utilizados nos acervos documentais: papel de trapo (século XIX) e papel de fibras de madeira (século XX), além de protótipos produzidos em papel filtro com elevado teor de celulose. A metodologia envolveu o preparo de modelos impregnados artificialmente com lama recuperada de documentos afetados, a aplicação de técnicas de limpeza com diferentes tipos de água (deionizada, destilada, filtrada e de torneira), contendo ou não surfactante (Triton X-100) e análises físico-químicas, como medidas de pH, condutividade elétrica, concentração estimada de íons de cloro, espectroscopia de absorção no infravermelho (FTIR) e espectroscopia de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). Os protocolos globais considerados mais seguros e eficientes, baseados especialmente no uso de água destilada e baixas concentrações de Triton X-100 (concentração micelar crítica: 0,27 mol/L), foram aplicados em documentos originais em papel de trapo e papel de madeira pertencentes ao Arquivo Permanente do Tribunal de Justiça de Minas Gerais, afetados por enchentes nas décadas de 1970 e 2010 na cidade de Araçuaí (MG). Os resultados preliminares demonstram que a escolha do tipo de água pode influenciar marginalmente a eficiência da limpeza, com o potencial de afetar significativamente a estabilidade do suporte, sendo possível remover contaminantes sem comprometer a integridade física ou a legibilidade dos documentos. As conclusões apresentadas neste trabalho podem orientar intervenções para preservar a legibilidade e a estrutura material de documentos tratados e salvaguardados no contexto de contingências ambientais, como enchentes.

**Palavras-chave:** preservação documental; remoção de lama; técnicas de limpeza documental, conservação de papel, protocolos de tratamento.

## ABSTRACT

The preservation of historical graphic documents affected by mud poses an urgent challenge in the context of natural disasters, due to their significance as records of collective memory and social identity. This study aims to develop emergency and global cleaning protocols for documents damaged by floods, including the impregnation of particulate matter and contaminants within cellulosic fibers, stains, support fragility, ink fading, and the proliferation of microorganisms. The research focuses on two types of paper supports widely used in documentary collections: rag paper (19th century) and wood pulp paper (20th century), as well as prototypes produced from high-cellulose filter paper. The methodology involved preparing models artificially impregnated with mud recovered from affected documents, applying cleaning techniques using different types of water (deionized, distilled, filtered, and tap water), with or without the addition of a surfactant (Triton X-100), and performing physicochemical analyses such as pH measurement, electrical conductivity, estimated chloride ion concentration, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy (EDXRF). The global protocols considered the safest and most efficient—based primarily on the use of distilled water and low concentrations of Triton X-100 (critical micellar concentration: 0.27 mol/L)—were applied to original rag and wood pulp paper documents from the Permanent Archive of the Court of Justice of Minas Gerais, which were affected by floods in the 1970s and 2010s in the city of Araçuaí (MG), Brazil. Preliminary results demonstrate that the type of water used may marginally influence cleaning efficiency but can significantly affect the stability of the paper support. It was possible to remove contaminants without compromising the physical integrity or legibility of the documents. The conclusions presented in this work may guide future interventions aimed at preserving the legibility and material structure of treated and safeguarded documents in the context of environmental contingencies such as floods.

**Keywords:** document preservation; mud removal; document cleaning techniques; paper conservation; treatment protocols.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Instrumentos de mensuração de massa e condutividade.....	29
Figura 2 – Análise dos diferentes tipos de água.....	30
Figura 3 - Amostras de papel impregnado com lama antes da imersão.....	33
Figura 4 – Sistemas contendo diferentes tipos de água e amostras impregnadas com lama.....	34
Figura 5 – Fitas indicadoras de pH e pHmetro com eletrodo plano (de superfície) ...	35
Figura 6 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água de torneira.....	37
Figura 7 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água filtrada.....	37
Figura 8 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água destilada...	38
Figura 9 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água deionizada.....	38
Figura 10 – Espectro de EDXRF para a lama indicando a presença de Fe.....	39
Figura 11 – Protótipos em diferentes papéis.....	40
Figura 12 – Massa dos protótipos de papel antes da aplicação da lama.....	41
Figura 13 – Amostra de papel filtro impregnada com camada de lama.....	41
Figura 14 – Protótipos de papel impregnados com lama usando espátula e pincel..	42
Figura 15 - Solução de glicerina com água deionizada.....	43
Figura 16 – Protótipos impregnados com espátula e pincel no recipiente de vidro hermético e o bêquer de vidro com a solução de glicerina. ....	43
Figura 17 – Protótipos impregnados com espátula e pincel após envelhecimento acelerado a 80 °C e 75% de umidade relativa. ....	44
Figura 18 – Preparo dos protótipos por imersão em lama diluída em água da torneira.....	45
Figura 19 – Protótipos impregnados por imersão.....	45
Figura 20 – Protótipos impregnados por imersão e envelhecidos a 80 °C. ....	46
Figura 21 – Amostras prístinas de papel para medidas de pH.....	46
Figura 22 – Amostras de papel impregnadas com lama para medidas de pH. ....	47
Figura 23 – Etapas da metodologia de limpeza por imersão simples. ....	50
Figura 24 – Etapas da metodologia de limpeza por raspagem seguida de imersão.	53
Figura 25 Etapas da metodologia de tratamento aquoso em plano inclinado (capilaridade).....	55

Figura 26 - Etapas da metodologia de tratamento aquoso com a solução de água e Triton X-100 com as técnicas por imersão e inclinação .....	57
Figura 27 – Aspecto visual dos protótipos de papel de madeira após a remoção da lama. ....	59
Figura 28 - Aspecto visual dos protótipos de papel de trapo após a remoção da lama. ....	61
Figura 29 - Aspecto visual dos protótipos de papel de filtro após a remoção da lama. ....	63
Figura 30 – Colorímetro portátil.....	65
Figura 31 – Parâmetros colorimétricos $L^*a^*b^*$ dos protótipos de papel de madeira prístinos, com lama e limpos com Triton-X 100.....	65
Figura 32 – Parâmetros colorimétricos $L^*a^*b^*$ dos protótipos de papel de trapo prístinos, com lama e limpos com Triton-X 100.....	66
Figura 33 – Espectros de FTIR para papel de fibra de madeira prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água.....	73
Figura 34 – Espectros de FTIR para papel de trapo prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água. ....	74
Figura 35 – Espectros de FTIR para papel de filtro prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água. ....	75
Figura 36 – Espectros de FTIR para papel de filtro impregnado com Triton X-100...76	
Figura 37 – Fólios e bifólios do documento em papel de trapo afetado por lama. ....	78
Figura 38 – Fólios e bifólios do documento em papel de madeira afetado por lama.79	
Figura 39 – Ensaio visual de molhabilidade dos papéis.....	80
Figura 40 – Limpeza mecânica dos documentos, com raspagem e remoção de materiais adicionados.....	81
Figura 41 – Limpeza do documento de papel de fibra de madeira com swab embebido em água filtrada.....	82
Figura 42 – Tratamento aquoso emergencial do documento em papel de fibra de madeira utilizando água filtrada.....	83
Figura 43 – Documento em papel de madeira antes e após tratamento aquoso emergencial utilizando água filtrada. ....	84
Figura 44 – Documento em papel de madeira antes e após tratamento aquoso emergencial utilizando água filtrada. ....	84
Figura 45 – Documento em papel de madeira antes e após tratamento aquoso	

emergencial utilizando água filtrada.....	85
Figura 46 – Tratamento aquoso global do documento em papel de trapo utilizando água destilada e desmineralizada.....	87
Figura 47 – Documento em papel de trapo antes e após tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.....	88
Figura 48 – Documento em papel de trapo antes e após tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.....	88
Figura 49 – Documento em papel de trapo antes e após tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de condutividade elétrica de diferentes tipos de água. ....	31
Tabela 2 - Resultado da condutividade elétrica das águas testadas para pesquisa. ....	32
Tabela 3 - Comparação da condutividade elétrica das águas sem e com a presença da lama. ....	32
Tabela 4 - Resultados da pesagem das amostras de papel com lama submetidas a imersão.....	33
Tabela 5 - Valores das medidas de pH das águas com a fita indicadora de pH e pHmetro.....	35
Tabela 6 - Valores dos resultados da concentração de cloro e nível de pH das águas. ....	36
Tabela 7- Valores dos resultados de pH dos papéis prístinos e com lama.....	47
Tabela 8 - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de fibra de madeira. ....	60
Tabela 9 - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de trapo. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela 10 - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de filtro. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela 11 - Parâmetro colorimétricos (média e desvio padrão) para o papel de fibra de madeira antes e após a impregnação com lama e o tratamento de remoção.....	66
Tabela 12 - Parâmetro colorimétricos (média e desvio padrão) para o papel de trapo antes e após a impregnação com lama e o tratamento de remoção.....	67
Tabela 13 - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.....	68
Tabela 14 - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.....	69
Tabela 15 - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.....	71

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APERS - Arquivo Público do Estado do Rio Grande do Sul

COARPE - Coordenação do Arquivo Permanente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DIRGED - Diretoria Executiva de Gestão da Informação Documental

GEARQ - Gerência de Arquivo e Tratamento da Informação Documental

GEDOC - Gerência de Arquivo e Gestão Documental da 2<sup>a</sup> Instância de Documentos Eletrônicos e Permanentes

EDXRF - Espectroscopia de fluorescência de raios X por dispersão de energia

EJEF - Escola Judicial Desembargador Edésio Fernandes

FTIR - Espectroscopia de absorção de infravermelho

IV - Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

MS - Ministério da Saúde

MOP - Máquina obturadora de papel

pH - Potencial hidrogeniônico

RTI- Reflectance Transformation Imaging (Imagen de Transformação de Reflectância)

TJMG - Tribunal de Justiça de Minas Gerais

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USB - Universal Serial BUS - Porta Serial Universal

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

XIX = Dezenove

XX = Vinte

°C = Graus Celsius

% = Porcentagem

µS = Microsiemens

L = Litro

ml = Mililitro

g = Grama

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	12
<b>1. MÉTODOS, TÉCNICAS E PROTOCOLOS DE TRATAMENTO EM OBJETOS EM PAPEL .....</b>	18
1.1 <i>Catástrofes envolvendo enchentes e inundações ao patrimônio em papel .....</i>	18
1.2 <i>Tratamentos em objetos em papel afetados por lama .....</i>	21
1.3 <i>Proposta de métodos e técnicas de tratamento para documentos gráficos afetados por lama .....</i>	23
<b>2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NOS BANHOS E DA LAMA ENCONTRADA EM DOCUMENTOS GRÁFICOS .....</b>	26
2.1 <i>Características dos diferentes tipos de água utilizados .....</i>	27
2.1.1 Água deionizada.....	27
2.1.2 Água destilada .....	27
2.1.3 Água filtrada .....	28
2.1.4 Água de torneira.....	28
2.2 <i>Caracterização físico-química dos diferentes tipos de água utilizados .....</i>	28
2.2.1 Condutividade elétrica das águas utilizadas .....	29
2.2.2 pH das águas utilizadas .....	34
2.2.3 Teor de íons de cloro nas águas utilizadas .....	36
2.3 <i>Análise química da lama encontrada em documentos históricos .....</i>	38
<b>3. AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS EMERGENCIAIS E GLOBAIS PARA A LIMPEZA DE PROTÓTIPOS EM PAPEL IMPREGNADO COM LAMA .....</b>	40
3.1 <i>Preparo e avaliação preliminar de protótipos em papel impregnado com lama .....</i>	40
3.2 <i>Procedimentos para a limpeza de protótipos em papel impregnado com lama .....</i>	48
3.2.1 Imersão simples.....	50
3.2.2 Raspagem e imersão.....	51
3.2.3 Tratamento aquoso em plano inclinado (capilaridade) .....	53
3.2.4 Aplicação de solução de Triton X-100 (imersão ou inclinação) .....	55
3.2.5 Reuso do mata-borrão .....	57
3.2.6 Descarte da água contendo lama após procedimentos de limpeza....	58
3.3 <i>Análise visual, colorimétrica e físico-química antes e após a remoção da lama .....</i>	58

<i>de protótipos em papel</i> .....	58
<b>4. APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS PARA O TRATAMENTO DE DOCUMENTOS AFETADOS POR LAMA</b> .....	77
<i>4.1 Contextualização dos documentos históricos contemplados no estudo de caso</i>	77
<i>4.2 Diagnóstico dos documentos contemplados no estudo de caso</i> .....	78
4.2.1 Documento gráfico histórico do século XIX .....	78
4.2.2 Documento gráfico histórico do século XX .....	79
<i>4.3 Aplicação de tratamentos aquosos para a remoção de lama dos documentos históricos</i> .....	80
4.3.1 Tratamento aquoso emergencial para remoção de lama.....	81
4.3.2 Tratamento aquoso global (ou próximo à idealidade) para remoção de lama.....	85
<b>CONCLUSÕES</b> .....	90
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	92

## INTRODUÇÃO

Os documentos gráficos têm uma grande importância material, informational e funcional para a humanidade, sua história e memória. São nesses documentos que estão registradas as narrativas da sociedade, incluindo informações, registros, marcas e o contexto do cotidiano dos povos e comunidades. Preservar a memória social é fundamental para cuidar e salvaguardar o passado, o presente e o futuro. Entendendo o passado é possível compreender e reconhecer o contexto e desafios do presente, orientando as perspectivas do futuro.

Nesse contexto, o papel é um importante suporte da cultura material, o qual surgiu “a partir do aperfeiçoamento do homem, com a finalidade de substituir os outros suportes usados anteriormente para registrar a história” (Matsuda, 1994, p. 26). De fato, essa substituição de um suporte por outro não ocorreu de forma rápida, passando por um processo gradativo de aceitação ou, ainda, implementação de um novo material. A exemplo do pergaminho, que ainda permaneceu sendo utilizado devido a sua qualidade como suporte da escrita, havia, na Europa, durante esse processo de aceitação, um revezamento com o papel produzido a partir das fibras vegetais até fim do Renascimento, no século XVI, quando o suporte oriundo do tratamento de peles de mamíferos se torna uma raridade. Como pontuado por Dard Hunter (1978, p. 16), “o emprego do pergaminho em livros impressos não sobreviveu para além de 1500, mas permanece até a contemporaneidade com o propósito da caligrafia e da impressão de documentos e diplomas”<sup>1</sup>.

Na Europa, há registros da introdução da produção de papel na Espanha, no século XII (Hunter, 1978). Antes da invenção da imprensa, o uso do papel era ainda limitado. O papel só conseguiu notoriedade enquanto suporte da escrita quando passou a cumprir as mesmas funções do pergaminho, a um custo mais baixo. Foi durante o século XV que a produção do papel se consolidou como uma indústria notável (Viñas, 2012; Hunter, 1978).

---

<sup>1</sup> Tradução nossa. “The employment of parchment for book-printing in Europe did not survive to any extent beyond the year 1500, but for the purpose of calligraphy and for printing documents and diplomas this durable material is in demand even to the present day” (Hunter, 1978, p. 16).

A constituição do papel é baseada em materiais fibrosos de origem vegetal, majoritariamente compostos de celulose, como algodão, linho, cânhamo e madeira. O papel é produzido em formato de folhas e rolos, sendo introduzido em diversos meios e contextos para registros gráficos, tanto manuscritos quanto impressos. Seu formato sofreu mudanças ao longo do tempo, variando em termos de gramatura, espessura, dimensões e cor. Com a evolução dos recursos técnicos nos processos de fabricação, o papel passou a seguir padrões de laminação e planificação, o que contribuiu para sua padronização e ampla difusão. Como apontam Campos e Foelkel (2017, p. 18), “o desenvolvimento atual do setor de celulose e papel é baseado no aprimoramento dos equipamentos de processo e matérias-primas, buscando sempre produtividade, qualidade, eficiência, economia de energia e de escala produtiva”. A partir do intuito de preservar e salvaguardar documentos, registros e a memória tangível e intangível, o foco deste trabalho é abordar documentos em papel afetados por lama. A lama encontrada nesses documentos em decorrência de calamidades ambientais, como enchentes, pode causar graves danos ao papel. Tais danos estão muitas vezes relacionados aos “componentes dos resíduos sedimentares formados por partículas de terra, água e argila”, Dani et. at (2024, sp) que agredem estruturalmente o papel, provocando efeitos físicos, químicos e visuais aos documentos, como manchas, fragilização/perda de resistência mecânica à tração, a proliferação de microrganismo devido à presença de matéria orgânica e umidade excessiva, o apagamento e o esmaecimento da escrita/elementos sustentados, consequentemente comprometendo a legibilidade de textos e/ou imagens.

Os documentos manuscritos que serão considerados neste trabalho podem apresentar elementos sustentados em diferentes tipos de tintas, sendo o documento do século XIX, em papel de trapo, com presença da tinta ferrogálica e os documentos do século XX, em papel de fibra de madeira, apresentando dois tipos distintos de tintas, a esferográfica e tinta de máquina de escrever, e, há também em ambos os papéis a presença de outros materiais como carimbos e selos. A lama pode ser encontrada nesses documentos como uma camada fina e superficial com aparência seca em forma de pó e/ou incrustada, formando uma camada grossa, que pode estar seca ou, ainda úmida. As especificidades dos materiais constitutivos e da lama

impregnada nas fibras do papel e sobre as tintas precisam ser consideradas ao se pensar em metodologias para o tratamento de documentos afetados por lama.

Este trabalho tem por objetivo estudar e desenvolver técnicas de tratamento para documentos que contêm lama, ou seja, elaborar um protocolo de tratamento de limpeza de documentos com dois tipos diferentes de suporte de papel (papel de trapo do século XIX e papel de polpa de madeira do século XX), auxiliando na correta limpeza dos documentos que foram atingidos por algum tipo de lama. O trabalho visa contribuir para a área da conservação-restauração de bens culturais móveis, especialmente de documentos gráficos sobre papel, fornecendo métodos práticos e eficientes para preservar documentos históricos.

Os documentos selecionados para a proposta de tratamento pertencem à Comarca de Araçuaí, município que está localizado na região Nordeste de Minas Gerais, no Médio Jequitinhonha, a uma distância de 678 km de Belo Horizonte. Araçuaí foi emancipada como cidade em 21 de setembro de 1871, e era antes conhecida como Barra de Calhau, fundada em 1817. A cidade sofreu duas grandes enchentes em 1979 e 2013.

Atualmente, os documentos se encontram sob a responsabilidade e custódia do Arquivo Permanente do Tribunal de Justiça de Minas Gerais (TJMG), que recolhe esse patrimônio documental nas Comarcas com o intuito de preservá-los e salvaguardá-los. Os documentos de guarda permanente investigados e tratados neste projeto foram recolhidos em 2017 e 2019 pelo setor responsável pela sua guarda. Os documentos de guarda permanente ficam armazenados no acervo da Coordenação do Arquivo Permanente - COARPE/TJMG, localizado em um galpão no Município de Contagem, Minas Gerais, na região metropolitana da Grande Belo Horizonte. A COARPE pertence à Gerência de Arquivo e Gestão Documental da 2<sup>a</sup> Instância de Documentos Eletrônicos e Permanentes – GEDOC, assim subsidiada pela Diretoria Executiva de Gestão da Informação Documental – DIRGED que atende às diretrizes da Superintendência da Escola Judicial Desembargador Edésio Fernandes – EJEF. A COARPE foi instituída no final de 2016, dando, assim, início às suas primeiras atividades, mas “somente em 2018 é regulamentada pela Portaria Nº 111/2VP/2018.” De acordo com a portaria, “a definição das competências da Coordenação, em que

cabe a COARPE, se atribui a garantir a conservação do acervo salvaguardado" (Amaral, 2024, p. 27).

O problema dos documentos afetados por lama é agravado pela ausência de protocolos sistemáticos para o tratamento de danos em diferentes tipos de papel. Quando esses documentos passam por um processo de tratamento é importante analisar e avaliar cada material que constitui o documento, para que se possa estudar e aplicar a melhor técnica de limpeza, evitando a ocorrência de mais danos ao bem cultural, tanto na estrutura celulósica do papel quanto na escrita e/ou impressões (elementos sustentados).

A metodologia inicial consistiu na preparação de protótipos em papel de trapo, papel de polpa de madeira e papel filtro. As amostras foram impregnadas com a própria lama coletada dos documentos originais e submetidas a envelhecimento acelerado, conforme o protocolo descrito por Camargos et al. (2022), utilizando temperatura de 80 °C e umidade relativa de 75%. Após o envelhecimento, realizaram-se ensaios analíticos, incluindo medidas de pH e parâmetros colorimétricos, espectroscopias de absorção no infravermelho (FTIR) e de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) para a identificação de características físico-químicas antes e depois da limpeza.

Esses protótipos foram submetidos a tratamentos aquosos com diferentes tipos de água: da torneira, filtrada, destilada e deionizada, com ou sem adição de aditivos como surfactantes e moduladores de pH. A limpeza se deu através de 4 procedimentos: (1) imersão, (2) raspagem e imersão, (3) imersão em solução diluída de Triton X-100; (4) aplicação de água em plano inclinado. Os resultados foram considerados favoráveis quando os tratamentos não implicaram em alterações de cor do papel, manchas, quebra de fibras, intumescimento ou solubilização excessiva da encolagem interna, fatores que tornariam o suporte ainda mais frágil e causariam a perda de componentes importantes para a adesão e flexibilidade das fibras).

Após a limpeza, os protótipos afetados por lama e tratados foram novamente submetidos a análises visuais, microscopia óptica, medidas de pH, colorimetria e FTIR. Com base nas observações realizadas nos protótipos, desenvolveram-se duas técnicas de limpeza: uma de caráter emergencial, utilizando de início se possível a

raspagem da lama e para remoção a água filtrada aplicada em plano inclinado para documentos com resistência mecânica fragilizada e o tratamento por imersão para documentos sem resistência mecânica fragilizada, com menor custo, tempo reduzido e efetividade mínima aceitável, e outra de caráter global, com aplicação dos métodos e procedimentos ideais, isto é, a realização de uma limpeza mais completa, começando primeiro pela raspagem das camadas grossas e superficiais da lama, para eliminação dos restos e/ou pó impregnados no papel. Em seguida procede-se a limpeza utilizando a técnica de imersão em solução de Triton X-100 diluído com água destilada para o amolecimento da lama e para remoção da mesma das camadas mais internas do papel. Além disso, utiliza-se trincha e esponja de borracha natural com estireno-butadieno para auxiliar nesta remoção, em plano inclinado ou inclinação. Os resultados obtidos foram posteriormente aplicados aos documentos originais da Comarca de Araçuaí.

Dessa forma, a proposta para o tratamento desses documentos tem como finalidade tratar os documentos preservando a materialidade e as informações neles contidas, sabendo-se da importância dos registros documentais e do conhecimento sobre a história de uma sociedade e tornando, assim, os documentos novamente legíveis e acessível para futuras pesquisas. Portanto, considerando a relevância da materialidade e do valor histórico e informacional dos documentos, buscou-se desenvolver uma metodologia de tratamento suficientemente adequada e segura para a remoção da lama impregnada no papel de trapo ou de madeira, sem causar maiores danos.

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos, além da introdução e conclusão. No Capítulo 1, foram discutidos os principais protocolos existentes para o tratamento de documentos contaminados por lama, com ênfase em intervenções de limpeza e estabilização. A abordagem considerou tanto protocolos emergenciais, utilizados em contextos de desastres, quanto protocolos mais amplos e consolidados, aplicáveis em ações planejadas de conservação-restauração. Foram analisadas referências históricas importantes, como os procedimentos adotados durante as enchentes em Florença (Itália, 1966) e no Rio Grande do Sul (Brasil, 2024), além de diretrizes técnicas voltadas ao tratamento de acervos documentais afetados por água e lama. No Capítulo 2, foi apresentada a metodologia desenvolvida para a pesquisa

com foco na análise dos diferentes tipos de água e da lama, assim como a preparação de protótipos representativos dos documentos a serem tratados. No Capítulo 3, foram abordados os métodos elaborados e a caracterização/avaliação dos efeitos de sua aplicação em protótipos, com o delineamento detalhado dos protocolos desenvolvidos e empregados. Apresentaram-se os resultados obtidos nos protótipos de papel de trapo, papel de madeira e papel filtro, com base em análises físicas, químicas e ópticas, buscando-se compreender os efeitos potenciais de cada abordagem sobre a estrutura e legibilidade dos documentos. As observações obtidas embasaram a definição de critérios para aplicação dos tratamentos aos documentos originais. No Capítulo 4, foram apresentados os tratamentos aplicados aos documentos originais pertencentes à Comarca de Araçuaí. Detalhou-se a caracterização desses documentos, quanto ao tipo de suporte, técnica construtiva, materiais constituintes e danos identificados, bem como a escolha das metodologias empregadas, fundamentadas nos resultados obtidos com os protótipos.

Portanto, este trabalho se propôs a formular uma estratégia para responder à problemática introduzida, elaborando-se protocolos com técnicas e métodos de limpeza emergenciais e globais para documentos gráficos que apresentem impregnação por lama. O objetivo dos protocolos é oferecer apoio técnico e, ao mesmo tempo, orientar as pessoas responsáveis pela preservação documental a intervir corretamente, tanto de forma emergencial quanto com procedimentos mais aprofundados, durante o tratamento de documentos atingidos por lama.

## **1. MÉTODOS, TÉCNICAS E PROTOCOLOS DE TRATAMENTO EM OBJETOS EM PAPEL**

### *1.1 Catástrofes envolvendo enchentes e inundações que afetam patrimônio em papel*

Sabe-se que, devido às “enchentes, inundações e infiltrações por falta de manutenção preventiva dos edifícios, como obstrução de calhas e má conservação das instalações hidrossanitárias” (Hollós et al., 2012, p. 4), e, principalmente pelos locais de guarda e da reserva técnica improvisados, faz com que muitas instituições acabam sofrendo algum tipo de sinistro no acervo. As consequências desses eventos climáticos muitas vezes são catastróficas, acarretando danos gravíssimos ao acervo. Por isso, a importância de uma gestão documental da instituição bem elaborada, que atenda a todos os objetos presentes no local e suas tipologias materiais, que oriente ações emergenciais em caso de desastre.

Como destaque para uma das grandes catástrofes de enchentes que aconteceu devido ao rompimento das barragens e do transbordamento do rio Arno em Florença, Itália em 1966, que inundou toda a cidade. A inundaçāo fez com que a cidade ficasse coberta por um mar de lama, ocasionando danos e destruição, com perdas de vidas, do patrimônio em papel e material. Parte desse patrimônio em papel incluía manuscritos, livros e documentos gráficos históricos e antigos que ficaram totalmente enlameados. De acordo com a relato de um dos responsáveis, para intervir de forma rápida e emergencial nos livros e documentos, os métodos utilizados como recursos imediatos foram:

Enrico Ciabatti fazia a *interfoliazione* dos livros enlameados, “um trabalho aborrecidíssimo e complexo, mas necessário” (Firenze 1966, 2016). Ele abria o livro página por página, impedindo que o papel antigo, muito frágil, se quebrasse, colocando entre eles uma folha de papel absorvente para que as páginas não grudassem e a tinta não se perdesse: “Ainda me lembro da emoção quando num volume encontrei um relato das despesas de Michelangelo Buonarroti” (FIRENZE 1966, 2016). Os documentos eram lavados em bacias, porque ainda não havia água, e pendurados em fios como roupas para secar (Nazario, 2020, p. 782).

Como não havia água limpa para remoção da lama e do lodo presentes nos objetos. Os restauradores usaram métodos de limpeza à base de raspagem:

cada página era cuidadosamente raspada com uma espátula para retirar o lodo que se agarrava ao papel. Depois, passava talco nas

páginas, o que permitia que elas fossem viradas sem que o livro se tornasse uma maçaroca embebida na umidade (Nazario, 2020, p.789).

Em caso de sinistro com enchentes atingindo acervos, os danos são sempre catastróficos e irreparáveis, com perdas, destruição e contaminação, principalmente, por lama vindo das cheias dos rios e córregos próximos aos locais de guarda. Como é o caso dos objetos de estudo, pois não há confirmação sobre a origem específica dos danos nos documentos selecionados: inundações da década de 1970 ou de 2010 que aconteceram no Município de Araçuaí atingindo o acervo. Em 1979, a cidade sofreu a sua primeira grande enchente que devastou e mudou completamente a vida urbana da cidade. No ano de 2013, uma nova enchente atingiu o Centro Histórico da cidade e bairros próximos ao rio provocando inundações, que foram impactadas pelas cheias do Rio Araçuaí e do Córrego Calhauzinho. Mas a maior parte destes documentos estão contaminados por uma grande quantidade de lama e resíduos das enchentes.

Segundo o “Manual de Gestão Documental do TJMG” (Tribunal de Justiça de Minas Gerais), deve-se “criar medidas cautelosas e necessárias para serem introduzidas em um momento de sinistro” (Diretoria Executiva de Gestão da Informação Documental – DIRGED, Gerência de Biblioteca Pesquisa e Informação Especializada – GEDOC e Gerência de Arquivo e Tratamento da Informação Documental – GEARQ, p.4). Com isso, as instituições estão cada vez mais interessadas em buscar formas de preservar e tratar os seus acervos documentais quando são atingidos por algum tipo de sinistro. A cartilha criada pelo TJMG tem como foco reforçar a importância de preservar a materialidade dos documentos como forma de garantir sua função informacional, probatória e histórica.

Devido ao grande número de desastres com enchentes atingindo, principalmente, arquivos documentais, nas comarcas de Minas Gerais, e pensando em uma metodologia de intervenção no tratamento dessas ocorrências, que a Diretoria Executiva de Gestão da Informação Documental - DIRGED, Gerência de Arquivo e Gestão Documental da 2<sup>a</sup> Instância, de Documentos Eletrônicos e Permanentes - GEDOC, Coordenação de Arquivo Permanente - COARPE e a Gerência de Arquivo e Tratamento da Informação Documental - GEARQ de arquivo do TJMG desenvolveram um manual. Intitulado “Manual de Contingência: prevenção,

monitoramento e atuação em caso de sinistro nos acervos arquivísticos do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais - TJMG”<sup>2</sup> que tem como objetivo:

descrever orientações e procedimentos a serem adotados para a salvaguarda do acervo documental, visando não só o resgate e o tratamento da documentação atingida por sinistros, mas também a prevenção dos danos para que não sejam necessários tratamentos emergenciais” (Andrade, 2022, p.14).

Já o APERS (Arquivo Público do Estado do Rio Grande do Sul), após a recente catástrofe das inundações no Rio Grande do Sul, um dos maiores desastres naturais do estado, precisou desenvolver de forma emergencial uma “Nota Técnica” sobre salvamento e recuperação de documentos atingidos por enchentes no Rio Grande do Sul em 2024. A Nota detalha toda a situação, ações implementadas, diagnóstico, medidas emergenciais necessárias e recomendações. Logo, a metodologia aplicada são “medidas de emergência que abrangem desde a secagem utilizando varais ou entrefolhamento, até o congelamento dos volumes documentais que excedem a capacidade de tratamento imediato, para estabilizar o processo de deterioração do suporte” (Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, Subsecretaria de Patrimônio do Estado e Arquivo Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024, p. 13).

Professores das Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) explicam como se dá a formação da lama em um rio:

a energia de fluxo de um rio é maior ao longo do seu eixo ou canal principal e diminui à medida que nos afastamos deste setor. Em consequência, nas planícies de inundação e nas margens, a menor energia de fluxo promove a decantação das partículas que formam a carga em suspensão na água, dando origem às camadas de lama<sup>3</sup>. Normalmente, as partes inundáveis das cidades se encontram nas planícies de inundação, afastadas do canal dos rios, onde a energia de fluxo do rio é menor ou até mesmo nula, facilitando a decantação do material fino em suspensão na água que origina a lama e que invade inclusive o interior das casas (Dani et al., 2024, s.p.).

---

<sup>2</sup>Disponível em: [http://ejef.tjmg.jus.br/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-17\\_Cartilha\\_Plano\\_de\\_Contingencia.pdf](http://ejef.tjmg.jus.br/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-17_Cartilha_Plano_de_Contingencia.pdf). Acesso em: 20 jun. 2025

<sup>3</sup> A lama é um efluente não orgânico constituído basicamente por terra, água e argila. [...] É também conhecida por rejeito, por não haver tratamento, mas apenas a possibilidade de desidratação, contenção e disposição [...] (ALLONDA, 2017, sp).

## *1.2 Tratamentos em objetos em papel afetados por lama*

Para os tratamentos em papel, as ações de intervenções realizadas acerca dos métodos de limpeza de documentos atingidos por lama, se dão a princípio pela remoção desses rejeitos presentes no papel, seguidos dos banhos (tratamentos aquosos de limpeza) com a finalidade de eliminação dos vestígios e dos restos/resíduos de lama presentes superficialmente ou impregnados nas fibras do papel, sem que possam comprometer a materialidade do suporte. A ideia introduzida quanto ao tratamento com os banhos condiz com o método de limpeza, devido ao estado em que os documentos se encontram, com a formação de camadas e/ou incrustação de lama ou seca em forma de pó sobre a superfície do papel. A limpeza com os banhos de acordo com a definição de Viñas (2010) são importantes, já que:

os banhos das folhas de papel constituem um dos processos mais habituais, e importantes na conservação e restauração do papel. Na maior parte das restaurações é necessário aplicá-los em um momento ou outro, e muitas vezes constituem a parte mais importante do processo (Viñas, 2010, p.135).<sup>4</sup>

Dessa forma, na aplicação dos banhos, como meio de tratamento, cabe ao responsável entender a realidade do documento e do procedimento que será feito. Sendo necessário, também, conhecer os instrumentos, os materiais e o tipo de água utilizada. Assim, como afirma Viñas (2010,

é imprescindível conocer sus principios, su utilidad y sus limitaciones, y adquirir conocimientos, destreza y experiencia suficientes para poder desarrollarlos de forma eficiente y segura, sabiendo evaluar los beneficios que aportamos al documento, los riesgos a los que lo sometemos, y cómo reducir esos riesgos (Viñas, 2010, p.135).<sup>5</sup>

Os tratamentos realizados comumente com os banhos em folhas de papéis têm como objetivo a limpeza (remoção de produtos de degradação coloridos, ou cromóforos), a hidratação, a desacidificação do papel, a reencolagem ou redimensionamento para a reestruturação das fibras e o clareamento para tratar o

<sup>4</sup> Tradução nossa. “Los baños de las hojas de papel constituyen uno de los procesos más habituales e importantes dentro de la conservación y restauración del papel. En la mayor parte de las restauraciones es necesario aplicarlos en un momento u otro, y muchas veces constituyen la parte más importante del proceso.”

<sup>5</sup> Tradução nossa. “Por ello es imprescindible conocer sus principios, su utilidad y sus limitaciones, y adquirir conocimientos, destreza y experiencia suficientes para poder desarrollarlos de forma eficiente y segura, sabiendo evaluar los beneficios que aportamos al documento, los riesgos a los que lo sometemos, y cómo reducir esos riesgos.”

amarelecimento (Viñas, 2010, p. 135). Nessas propostas de intervenção, cada um dos tipos de água pode ter uma finalidade específica no tratamento do objeto, dependendo do estado de conservação, sendo aplicada de forma direta com a imersão do papel na água, no caso dos banhos. Já os tratamentos nos documentos atingidos por lama consistem em remover toda ou a maior parte da lama existente no papel, a partir dos tratamentos aquosos de forma direta (imersão/banhos/aspersão) ou indireta (contato com materiais adsorventes umedecidos), pois mesmo após a raspagem da lama, ainda ficam restos e pó impregnado que só são removidos após novo intumescimento da camada inorgânica com água.

Apesar dos banhos serem fundamentais em alguns tratamentos, Viñas (2010) alerta sobre os riscos que os banhos podem trazer, quando não se tem um conhecimento acerca do objeto em tratamento, da água utilizada, da técnica e dos materiais utilizados. Para o autor, “antes de qualquer banho, o restaurador deve estudar o documento para verificar a presença de materiais que possam ser afetados por algum dos compostos utilizados nos banhos” (Viñas, 2010, p. 137).<sup>6</sup> Pois a maioria dos objetos em papel não se constituem apenas de um único tipo de material, tendo, em muitos casos, a presença de dois ou mais materiais, incluindo elementos sustentados (tintas, materiais carbonosos etc.). “Em especial, é importante antecipar o comportamento dos materiais em qualquer um dos compostos que serão utilizados no banho; isso inclui (quase sempre) a água” (Viñas, 2010, p. 137).<sup>7</sup> Por isso é importante uma análise em relação ao estado de conservação do papel, dos materiais que o compõem, os danos existentes e o tempo de exposição à água. Visto que na maioria das técnicas o papel é submerso na água.

Como citado, a proposta do estudo apresentado é elaborar um protocolo de tratamento para documentos atingidos por lama, visto que a maior parte das referências disponíveis são cartilhas com planos de prevenção e de contingências para acervos atingidos por água sem, em alguns casos, a presença de rejeitos de lama. É o caso da “Câmara Técnica de Preservação de Documentos” que introduziu

<sup>6</sup> Tradução nossa. “Así, previamente a cualquier baño, el restaurador debe estudiar el documento para comprobar la presencia de materiales que puedan verse afectados por cualquiera de los compuestos empleados en los baños.”

<sup>7</sup> Tradução nossa. “En particular, es importante prever el comportamiento de los materiales en cualquiera de los compuestos que se emplearán en el baño; esto incluye (casi siempre) el agua.”

um plano de prevenção e combate intitulado “Recomendações para o resgate de acervos arquivísticos danificados por água” (Hollós et al., 2012). O objetivo do plano é “orientar o resgate de acervos arquivísticos danificados por água, divulgando informações técnicas adequadas para que as instituições [...] possam responder em caráter emergencial aos desastres” (Hollós et al., 2012, p. 4). São abordados os procedimentos recomendados e não recomendados. Os recomendados são divididos em três categorias principais: (1) Procedimentos Administrativos, (2) Procedimentos na área atingida e (3) Procedimentos das técnicas específicas por tipo de documento. Os procedimentos não recomendados trazem alertas contra práticas inadequadas que podem causar danos irreversíveis, como os exemplos abordados: “Expor documentos ao sol: para não causar danos às fibras, por oxidação, considerados irreversíveis”; e “Congelar documentos fotográficos ou magnéticos: para evitar rigidez e rompimento pela perda de flexibilidade” (Hollós et al., 2012, p. 5). A sistematização proposta aqui, pautada em experimentos, evidências e informações disponíveis na literatura, poderá ajudar a avançar na proposição de políticas de intervenções consistentes e seguras em contextos de catástrofes envolvendo a presença de lama em documentos gráficos.

### *1.3 Proposta de métodos e técnicas de tratamento para documentos gráficos afetados por lama*

Ao se pensar e propor políticas de tratamento de documentos gráficos, é vantajoso testar e avaliar várias técnicas, materiais e metodologias capazes de atender às necessidades do objeto em estudo, em contextos específicos. Portanto, a proposta do presente trabalho é de abordar a problemática do tratamento de documentos atingidos por lama.

Foram considerados duas abordagens principais, consistindo em um tratamento emergencial e outro global que fossem adequados, sem comprometer negativamente a estrutura do suporte. Com essas abordagens busca-se valorizar a importância de se preservar a integridade dos materiais que constituem os documentos, bem como sua dimensão informacional e histórico-cultural. As metodologias propostas foram aplicadas a estudos de caso reais, contudo, antes

disso, foram realizados vários experimentos e testes com diferentes tipos de papel impregnados com lama e diferentes tipos de água.

Como o estudo pretende desenvolver e avaliar metodologias de tratamento com banhos realizados em documentos, foi realizada inicialmente uma análise das águas utilizadas para os testes. Os protótipos atingidos por lama, preparados para o estudo, foram então tratados por métodos aquosos (banho/imersão e/ou capilaridade e/ou aplicação pontual utilizando trinchas e esponja de borracha), utilizando diferentes tipos de água: (1) água da torneira; (2) água filtrada, (3) água destilada e (4) água deionizada. Esses tipos de água foram analisados por medidas de pH (pHmetro e fitas indicadoras), condutividade e teor de íons de cloro. Se necessário, poderia-se, inclusive, utilizar metodologias de desacidificação (Baty et al., 2010) para a estabilização do papel dos documentos após a remoção da lama.

Baseando-se nestas questões, o estudo buscou elaborar protocolos de tratamentos com métodos e técnicas de intervenções para esses documentos como limpeza, estabilização e legibilidade. Neste caso foram consideradas duas abordagens principais:

(1) tratamento com técnicas emergenciais (limpeza rápida para evitar agravamento dos danos, utilizando água da torneira ou filtrada ou entrefolhamento com papel absorvente para evitar que as folhas grudassem uma na outra), quando o documento precisa ser tratado com urgência, rapidez e baixo custo, em caso de contingências com a lama molhada ou seca;

(2) técnicas globais (tratamento completo, utilizando água destilada ou deionizada, contendo ou não surfactante) aplicando todos os métodos ideais e eficazes na remoção da lama e estabilização do suporte, após a secagem da lama no papel.

Com a comparação após os resultados, foram escolhidas quais as técnicas mais apropriadas seriam utilizadas para cada um dos dois tipos de suporte de papel (papel de trapo e papel de fibras de madeira), por serem constituídos de diferentes materiais. Após a execução dos ensaios analíticos e testes, do preparo dos protótipos e dos ensaios realizados, foram aplicados os tratamentos de intervenção eleitos para a remoção da lama presente em dois documentos originais afetados por lama,

pertencentes à Comarca de Araçuaí. Um deles, em papel de trapo – século XIX e outro em papel de fibras de madeira –século XX.

## 2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NOS BANHOS E DA LAMA ENCONTRADA EM DOCUMENTOS GRÁFICOS

O tratamento de limpeza proposto aos documentos foi realizado a partir de banhos para a remoção da lama existente no papel mesmo depois da raspagem feita com uso de instrumentos para raspagem (bisturi ou espátula). A lama pode ser encontrada no papel de diferentes maneiras: incrustada em forma de camadas concentradas em um ponto, ou em vários pontos, ou, ainda, espalhadas sobre a superfície do papel, e/ou como uma camada fina aderida, ou em pó apenas superficial, e/ou em pequenos blocos quando ainda úmida. Desse modo, para a remoção dos restos de lama que ainda ficam sobre o papel ou nas fibras, faz-se uso de banhos (tratamentos aquosos de imersão), aplicando uma limpeza completa ou um *swab* (haste com algodão) de forma pontual utilizando água como recurso para esse tipo de técnica.

Para isso, é preciso conhecer especificamente as propriedades da água que será utilizada, com o objetivo de evitar que esta cause danos potenciais ao papel a longo prazo. Visto que em caso de emergência não se tem, a princípio, métodos simples para realizar uma análise imediata dos elementos que compõem a lama que se encontra sobre o papel ou que estão presentes na água utilizada. Em decorrência disso, neste trabalho foram utilizadas técnicas analíticas para a identificação desses elementos contidos na lama e no papel, os quais foram realizados neste estudo para que se pudesse mensurar a possibilidade de agir da forma mais adequada possível quando intervir no documento.

No estudo, a lama foi analisada para verificar quais são os elementos químicos constituintes e as características físicas presentes no documento. Nesse sentido, também foram analisados os quatro tipos de água, sendo dois tipos usualmente utilizadas na conservação e restauração de papel (destilada e deionizada), e os outros dois tipos largamente usados para o consumo (água potável: da torneira e filtrada) e não convencionalmente aplicadas na conservação-restauração.

## 2.1 Características dos diferentes tipos de água utilizados

### 2.1.1 Água deionizada

A água deionizada é utilizada na conservação-restauração de obras e documentos. O processo de purificação da água consiste na eliminação de íons. Para remover estes íons de sais minerais, utiliza-se a água destilada (que ainda possui íons), mas que então é submetida a um sistema de colunas de troca iônica. Obtém-se, assim, a água deionizada que possui um alto grau de pureza, baixo teor de íons e, consequentemente, baixa condutividade elétrica. Apesar da pureza da água deionizada, existem dois problemas em destaque: o primeiro é que “a água será sempre ácida em condições comuns de trabalho” (Figueiredo Junior, 2012, p. 133). Isto acontece “devido à presença de CO<sub>2</sub> no ar atmosférico que se dissolve em água e provoca reações” (Figueiredo Junior, 2012, p. 133). De fato, a reação de CO<sub>2</sub> com a H<sub>2</sub>O “provoca a formação de ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que altera o pH da água que, geralmente, fica entre 5,5 a 6, ou seja, levemente ácido. Já o segundo problema consiste no tratamento do papel “em que água deionizada dissolve mais facilmente as cargas (como os carbonatos) e outros materiais adicionados ao papel” (Figueiredo Junior, 2012, p. 133). Portanto, nunca se deve utilizar a água deionizada pura, pois pode remover componentes importantes do papel, como cargas e encolagem. Usualmente, utiliza-se a água deionizada com o pH ajustado para 7 com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) ou hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>).

### 2.1.2 Água destilada

A água destilada “é obtida pelo processo de destilação, no qual a mesma é aquecida em um recipiente, transforma-se em vapor, e é recolhida como líquido novamente em outro recipiente” (Figueiredo Junior, 2012, p. 133). É uma “água que carrega consigo alguns íons de sais minerais” (Figueiredo Junior, 2012, p. 133). Apesar do elevado grau de pureza e baixa condutividade elétrica, a água destilada possui íons e não tem pH excessivamente ácido, tendo pH usualmente neutro.

### 2.1.3 Água filtrada

A água filtrada é obtida por um sistema de filtragem, que torna “eficaz na redução da turbidez<sup>8</sup> da água e na retenção de cloro, pesticidas, ferro, alumínio e chumbo” esse procedimento atinge uma retenção próxima de 99% desses constituintes como afirma Martim (2022, sp.).

### 2.1.4 Água de torneira

A água de torneira, antes de ser distribuída para os consumidores (domicílios, indústrias etc.) e consumida passa por um processo de tratamento complexo, em várias etapas, para remover impurezas. Além disso, quando chega para o consumo após o tratamento contém aditivos, incluindo “nutrientes como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato e sulfato” (Bertolo, 2022, sp.).

## 2.2 Caracterização físico-química dos diferentes tipos de água utilizados

Para identificar as impurezas presentes na água, é necessária a utilização de diferentes métodos analíticos, como os testes: físico-químicos, químicos e microbiológicos. Com os testes físico-químicos é possível avaliar o pH, cor, turbidez, condutividade elétrica. Enquanto os testes químicos verificam a existência de íons de metais pesados, pesticidas e entre outros contaminantes. Já os testes microbiológicos podem detectar a presença de microrganismos, como vírus, bactérias e protozoários.

Neste trabalho, os ensaios analíticos foram feitos para fornecer subsídios para indicar quais águas, nos diferentes tratamentos, seriam adequados para serem aplicadas na limpeza dos papéis afetados por lama sem causar danos iniciais e futuros, ainda que potenciais. O tratamento aquoso por imersão, ou seja, a ação direta de grande quantidade de água, em um primeiro momento, pode causar danos imperceptíveis. Danos esses que podem ser relevantes, especialmente a longo prazo, dependendo do estado de conservação do objeto. Por isso, os testes sobre os tipos de água são tão importantes para evitar reações físicas e químicas no papel.

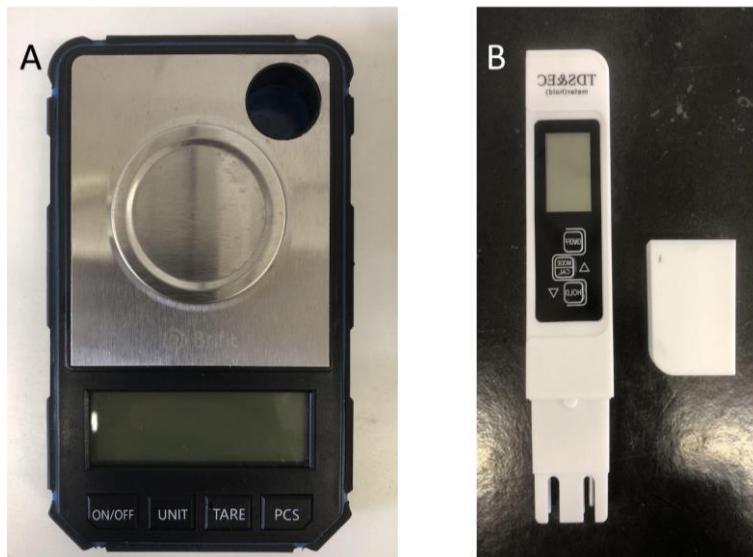
---

<sup>8</sup> A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência (Funasa, 2013, p.63).

### 2.2.1 Condutividade elétrica das águas utilizadas

A mensuração da condutividade elétrica dos diferentes tipos de água foi realizada com um condutivímetro portátil (Figura 1). Este equipamento tem a função de detectar a presença e concentração de sais, metais e outras substâncias iônicas ou dissociadas, presentes no meio aquoso e que possam ser absorvidas pelo papel por penetração<sup>9</sup> e/ou capilaridade<sup>10</sup>. Íons metálicos de ferro, cobre, manganês, cobalto, entre outros, podem promover ou desencadear reações de degradação nas fibras celulósicas que compõem o papel (Amaral e Camargos, 2024). A balança (FIGURA 1) foi utilizada para mensuração da massa dos materiais sólidos e líquidos usados nas testagens.

**Figura 1 - Instrumentos de mensuração de massa e condutividade.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

A= Balança digital Mini Scale/ Brifit

B=Condutivímetro digital TDS/Temp

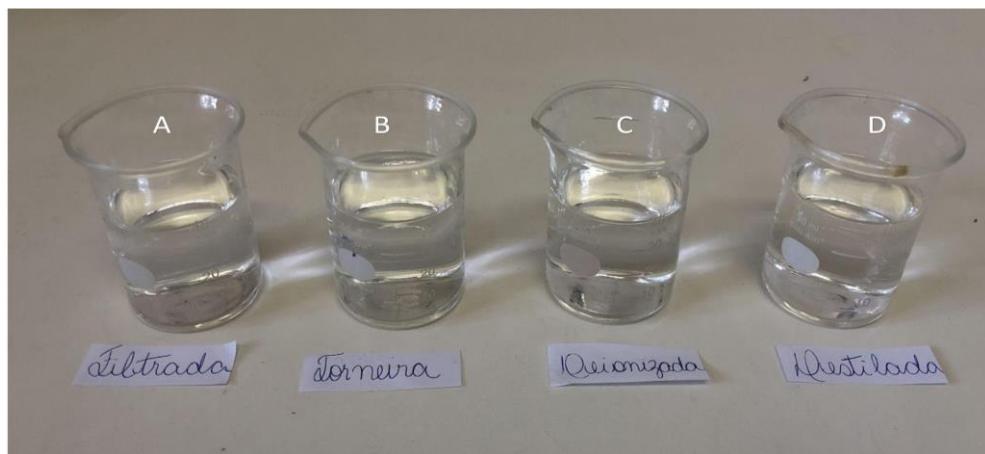
Uma alíquota dos diferentes tipos de água para os testes foi colocada em bêqueres pequenos (volume: 50 ml), como mostrado na Figura 2. Nestes recipientes

<sup>9</sup> O solvente penetra na camada, atravessando-a e alcançando camadas subjacentes prejudicando-as. A escolha do nível de penetração do solvente pode ser feita observando os parâmetros físicos de viscosidade e tensão superficial do solvente (este último diretamente ligado a capilaridade quanto maior a tensão superficial, maior a capilaridade (Figueiredo Junior, 2012, p.102).

<sup>10</sup> Processo em que um papel ao contato com um líquido, como a água, será molhado. Ao colocarmos um papel em pé sobre uma superfície molhada, a água sobe por ele. Isso acontece devido as seções capilares que são mais finos que um fio de cabelo (Figueiredo Junior, 2012, p.38).

foram realizadas as medidas de condutividade e pH.

**Figura 2 – Análise dos diferentes tipos de água.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

Legenda: **A= Filtrada**      **B= Torneira**      **C= Deionizada**      **D=Destilada**

Analisaram-se primeiro as águas de forma pura, sem a presença de outras substâncias ou componentes/aditivos que pudesse alterar o resultado da condutividade. Na sequência, verificou-se a consistência das medidas através da adição de íons de cálcio livres em concentrações conhecidas. Adicionou-se o composto acetato de cálcio,<sup>11</sup> muito solúvel e que iria progressivamente aumentando a condutividade de cada água analisada, confirmando as medidas de condutividade para a água pura. O terceiro teste foi realizado para analisar a condutividade elétrica da água com a presença da lama contida em uma amostra de papel, com objetivo de verificar o quanto os elementos contaminantes da lama, que inclui íons (solúveis) e materiais insolúveis, interferem na condutividade da água utilizada no banho.

Cada água usada para consumo apresenta um valor padrão que indica a qualidade que a água deve apresentar, em termos de condutividade, de acordo com os órgãos reguladores brasileiros, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e Ministério da Saúde, como mostrado na Tabela 1.

<sup>11</sup> É um sal composto por íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e íons acetato ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) e solúvel em água. Na água age como um agente clarificante ajudando a remover impurezas e partículas, em suspensão tornando a água mais límpida).

Link:<<https://caq.com.br/produto/acetato-de-calcio/>>Acesso em: 02 maio 2025

**Tabela 1** - Valores de condutividade elétrica de diferentes tipos de água.

<b>Tipo de água</b>	<b>Condutividade</b>
Água deionizada	0.1 µS/cm
Água destilada	0.5 µS/cm
Água Tratada	500 - 800 µS/cm
Água Potável	1,055 µS/cm
Água de torneira	100 - 500 µS/cm
Água Pura	0.055 µS/cm
Água Mar	56,000 µS/cm
Água da chuva	50 - 100 µS/cm

Fonte: Digital Water / Apure Instruments.

O teste com o acetato de cálcio foi realizado na proporção 1:1, sendo acrescentados 2 g de acetato de cálcio, medidos em balança semi-analítica (Figura 1), em 100 ml de água, medidos em proveta graduada, para formar uma solução 2% (m/v). Nessa proporção, ao se adicionar o sal, a condutividade elétrica da solução ultrapassou o limite máximo de detecção do equipamento, sendo necessário retirar sucessivamente porções da solução e substituí-las por volumes maiores de água pura até atingir um valor dentro da faixa de leitura do condutivímetro. Esse procedimento confirmou que a condutividade estava sendo corretamente aferida, uma vez que a diluição progressiva de uma solução com concentração conhecida de íons resultou em valores decrescentes de condutividade elétrica, como esperado teoricamente.

Os valores de condutividade elétrica das águas deionizada, destilada, filtrada e de torneira, todas sem aditivos acrescentados posteriormente no estudo, estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que todos se encontram perto dos limites estabelecidos pelo CONAMA e Ministério da Saúde, conforme Tabela 1. A água deionizada e a destilada apresentaram condutividade significativamente menor do que a filtrada e a de torneira, o que mostra a presença reduzida de íons em sua composição, compatível com seu uso técnico, em contraste com as águas destinadas ao consumo humano, que contêm sais minerais adicionados durante o tratamento.

**Tabela 2** - Resultado da condutividade elétrica das águas testadas para pesquisa.

<b>Tipos de água</b>	<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
Água deionizada	0,15
Água destilada	0,01
Água filtrada	328
Água de torneira	326

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Amostras de papel de fibra de madeira impregnadas com lama (Figura 3) foram utilizadas para avaliar o quanto a lama altera a condutividade dos diferentes tipos de água (torneira, filtrada, deionizada e destilada), após sua imersão (Figura 4). As amostras foram pesadas antes, durante e após o contato com a água, e a condutividade foi medida com condutivímetro digital (Figura 1). Os resultados mostram aumento significativo da condutividade, evidenciando a liberação de íons na água pela lama (Tabela 3), ainda que a massa das amostras após a imersão não tenha diminuído ou se alterado significativamente (Tabela 4).

**Tabela 3** - Comparaçāo da condutividade elétrica das águas sem e com a presença da lama.

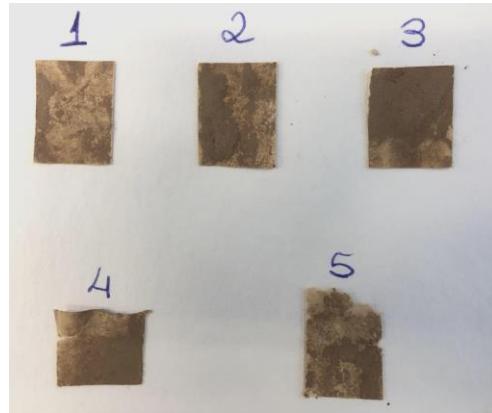
<b>Tipo de água</b>	<b>Condutividade Sem a lama</b>	<b>Condutividade Com lama</b>
Água deionizada	0,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$	15,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água destilada	0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$	50,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água filtrada	328 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1335 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água de torneira	326 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1332 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Tabela 4** - Resultados da pesagem das amostras de papel com lama submetidas a imersão.

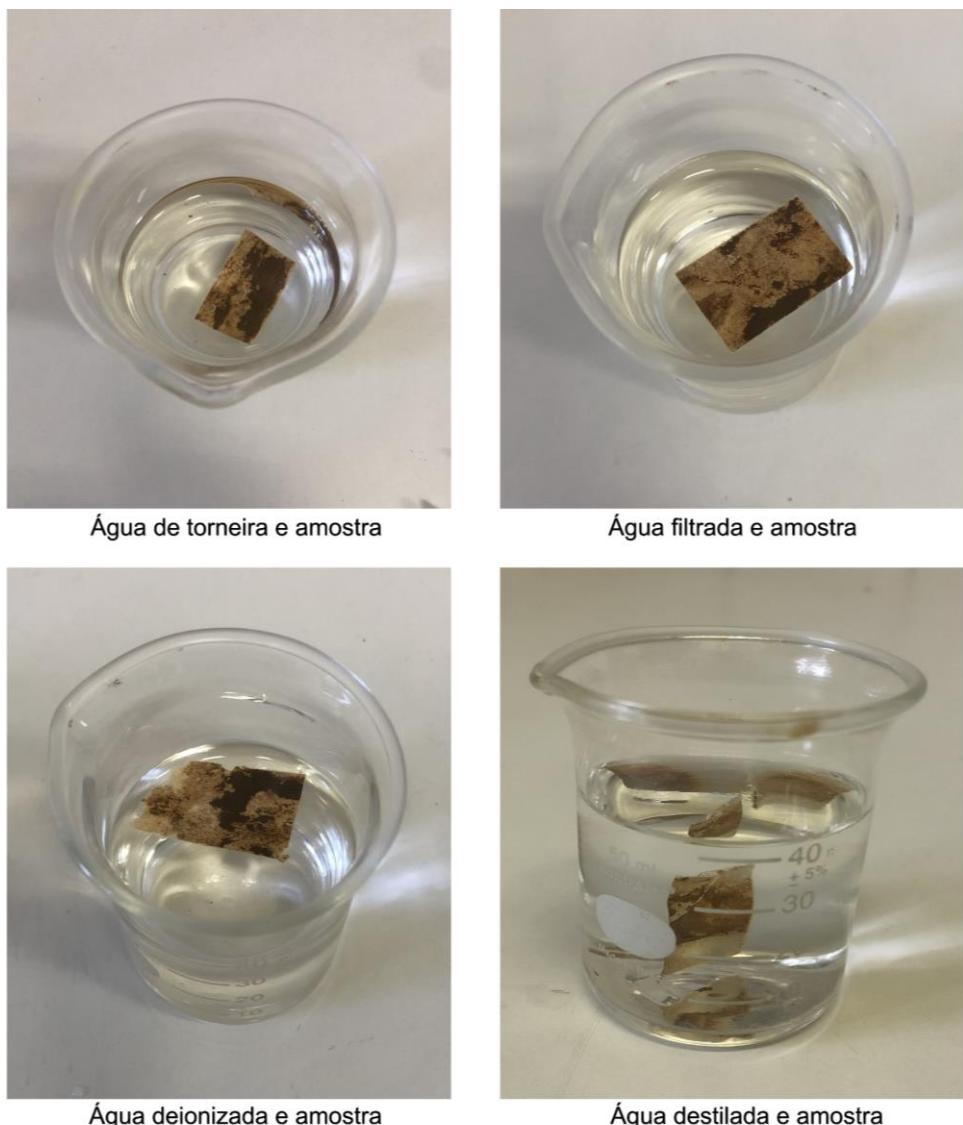
Tipo de água	Amostras antes de	Amostras depois da	Amostras depois da
	serem molhadas	molhagem	secagem
Água deionizada	0,047 g	0,098 g	0,058 g
Água destilada	0,063 g	0,093 g	0,078 g
Água filtrada	0,062 g	0,082 g	0,065 g
Água de torneira	0,043 g	0,064 g	0,052 g

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 3** - Amostras de papel impregnado com lama antes da imersão.

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 4** – Sistemas contendo diferentes tipos de água e amostras impregnadas com lama.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

## 2.2.2 pH das águas utilizadas

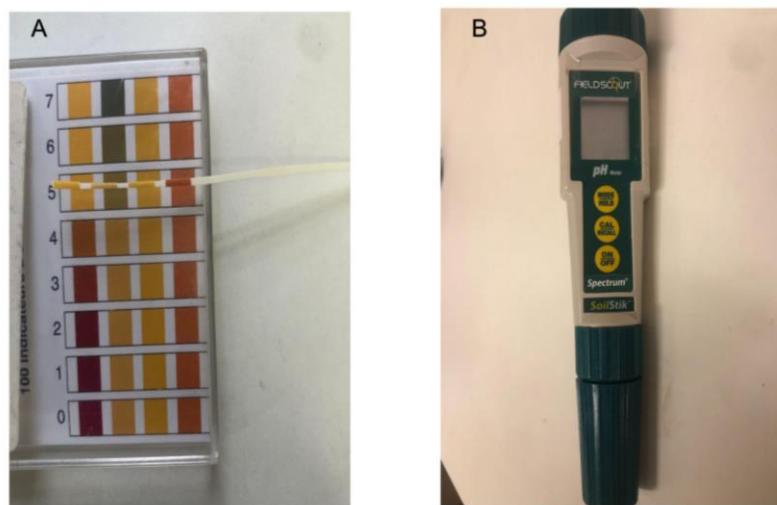
Para analisar o grau de acidez e a alcalinidade das águas é preciso medir o pH, que funciona como um indicador de qualidade em relação à concentração de íons ( $H^+$  ou  $H_3O^+$ , hidrônio, ou  $OH^-$ ) que são capazes de modificar e reagir com outros materiais, causando danos de acordo com o estado de conservação do objeto como o papel. Em resumo,

o termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. O valor do pH varia de 0

a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra (Funasa, 2013, p.54).

Para a medição do pH das águas, foram utilizadas fitas indicadoras e um pHmetro digital com eletrodo plano (Figura 5). As fitas fornecem valores aproximados, enquanto o pHmetro oferece medições mais precisas (com variação apenas nas duas casas decimais). Antes das leituras, o equipamento foi calibrado com soluções-padrão de pH 4, 7 e 10. Os resultados para as águas deionizada, destilada, filtrada e de torneira estão apresentados na Tabela 5.

**Figura 5** – Fitas indicadoras de pH e pHmetro com eletrodo plano (de superfície)



Fonte: Viviane Silva, 2025.

A = Fita indicadora de pH Merck KGaA

B = pHmetro Field Scout

**Tabela 5** - Valores das medidas de pH das águas com a fita indicadora de pH e pHmetro.

Águas	Fita indicadora de pH	pHmetro
Água deionizada	pH 4,0	pH 3,20
Água destilada	pH 6,0	pH 5,93
Água filtrada	pH 6,0	pH 7,51
Água de torneira	pH 6,0	pH 8,69

Fonte: Viviane Silva, 2025.

A água deionizada, ainda que seja amplamente utilizada na Conservação-Restauração, pode se tornar ácida ao reagir com CO<sub>2</sub> atmosférico, como mostrado

pelos valores baixos de pH medidos, tornando-se inadequada para aplicação direta sobre o papel. Por isso, foi realizada a neutralização da água com hidróxido de cálcio, elevando seu pH até a faixa neutra ( $\text{pH} \approx 7$ ), verificada com fita e pHmetro digital. Este processo, no entanto, demanda tempo e pode não ser tão simples.

### 2.2.3 Teor de íons de cloro nas águas utilizadas

O cloro presente na água tem a função de desinfetar e eliminar microrganismos patogênicos, tornando-a segura para o consumo humano. Considerando que esta pesquisa envolve a testagem de diferentes tipos de água, considerou-se relevante medir a concentração de cloro presente em cada um dos tipos estudados. O teste foi realizado com um kit colorimétrico que mede simultaneamente o teor de cloro e o pH. O aparelho possui um comparador com dois tubos verticais e escalas de cores para leitura visual, utilizando reagentes específicos para cloro e pH. As amostras foram testadas na seguinte ordem: água de torneira, filtrada, destilada e deionizada.

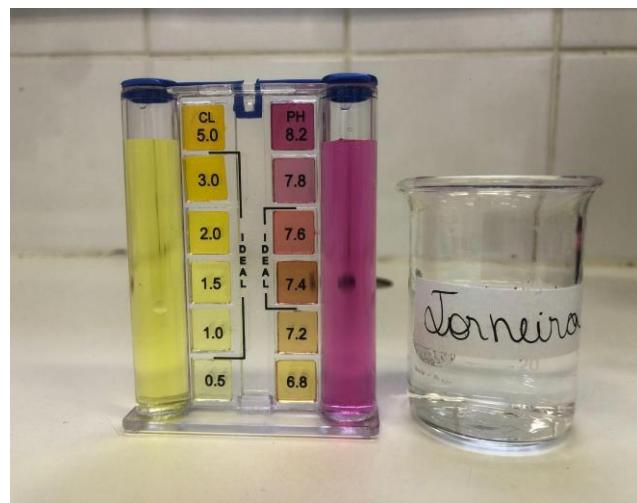
Os resultados mostraram que apenas a água de torneira apresentou coloração amarela clara, indicando presença de cloro em concentração compatível com os parâmetros do Ministério da Saúde (1,0–1,5 mg/L), conforme ilustrado na Figura 6. As demais águas, isto é, filtrada (Figura 7), destilada (Figura 8) e deionizada (Figura 9), não apresentaram reação ao reagente, mantendo-se transparentes, o que confirma a ausência de concentração detectável de íons de cloro em sua composição. Os valores de pH medidos simultaneamente neste método colorimétrico que utiliza indicadores ácido-base estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Valores dos resultados da concentração de cloro e nível de pH das águas.

Águas	Íons de cloro	pH
<b>Água de torneira</b>	1.0 - 1.5 mg/L	7,8
<b>Água filtrada</b>	0 mg/L	7,6
<b>Água destilada</b>	0 mg/L	6,8
<b>Água deionizada</b>	0 mg/L	6,8

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 6 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água de torneira.**



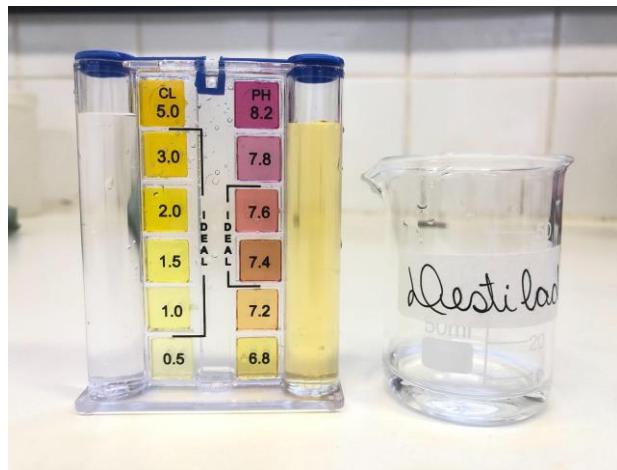
Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 7 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água filtrada.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 8 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água destilada.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 9 – Resultados da concentração de cloro e nível de pH na água deionizada.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

### 2.3 Análise química da lama encontrada em documentos históricos

Para simular documentos atingidos por lama, foram preparados protótipos utilizando a própria lama removida de acervos contaminados pertencentes à Comarca de Araçuaí. A lama é

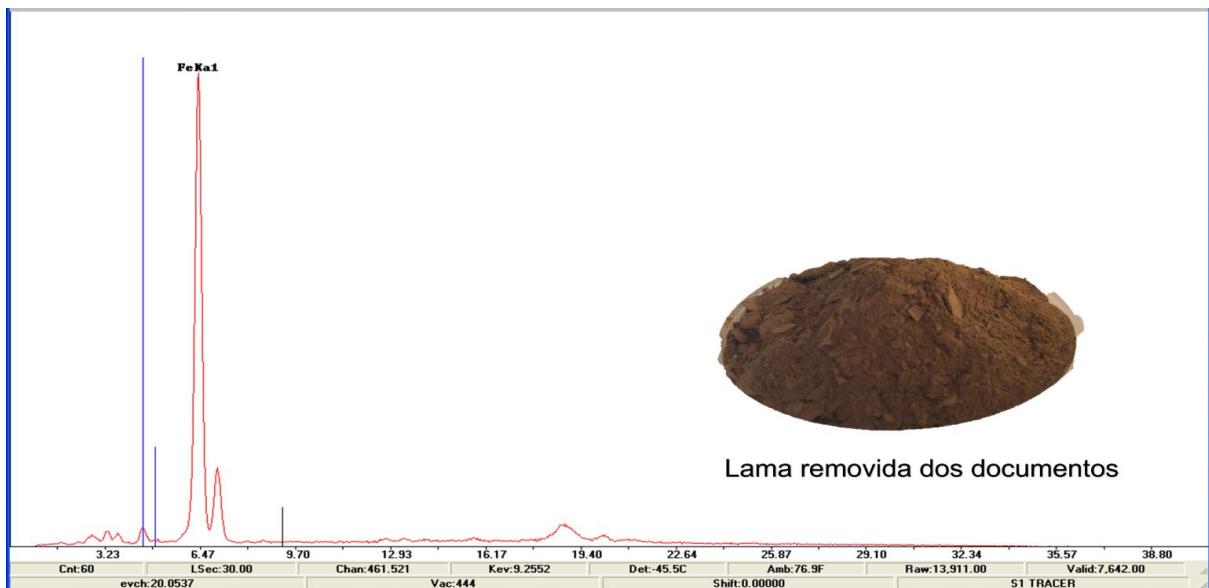
uma substância semi-coloidal<sup>12</sup> formada pela mistura de substâncias inorgânicas, orgânicas e água sob a influência de vários fatores físicos e químicos por meio de processos geológicos e biológicos. A

<sup>12</sup> É um sistema de duas fases, em que um ou mais materiais, num estado de divisão muito refinada, se acham dispersos em outra substância (Sengik et al. p.1, 2003).

composição química da lama é complexa, rica em  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e outros elementos minerais, também contém matéria orgânica, como ácido húmico, ácido fulvico e ácido acético<sup>13</sup> (Tian et al. [sp], 2022, tradução nossa).

Com o objetivo de identificar os elementos presentes na lama utilizada, foi realizado um exame por EDXRF (Espectroscopia de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia). Os resultados indicaram que o ferro (Fe) é o elemento em maior concentração, conforme demonstrado no Gráfico 1. O pico mais intenso no espectro está identificado como Fe K<sub>a1</sub>, localizado em torno de 6,47 keV. Picos em ~3,69 keV e ~4,01 keV, podem indicar a presença de cálcio (Ca) (Chan e Palmer, 2013). A técnica não detectou a presença de chumbo (Pb).

**Figura 10** – Espectro de EDXRF para a lama indicando a presença de Fe.



Fonte: José Raimundo, 2025.

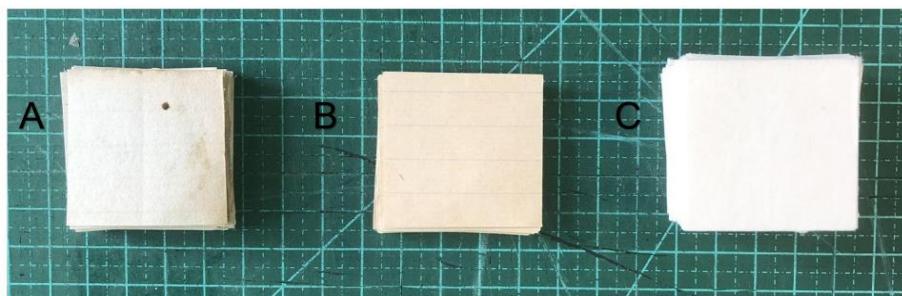
<sup>13</sup> Mud is a semi-colloidal substance formed by the mixture of inorganic, organic and water under the influence of various physical and chemical factors through geological and biological processes. The chemical composition of mud is complex, rich in  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  and other mineral elements, also contains organic matter such as humic acid, fulvic acid and acetic acid. ((Tian et al. [sp], 2022)

### **3. AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS EMERGENCIAIS E GLOBAIS PARA A LIMPEZA DE PROTÓTIPOS EM PAPEL IMPREGNADO COM LAMA**

#### *3.1 Preparo e avaliação preliminar de protótipos em papel impregnado com lama*

Para simular documentos atingidos por lama e testar tratamentos de limpeza, foram preparados protótipos com aplicação da própria lama removida de documentos reais. A lama, seca e armazenada, foi diluída em água de torneira para simular condições de contaminação por enchente. Foram preparadas 13 amostras para cada um dos quatro tipos de água selecionados (torneira, filtrada, destilada e deionizada). Doze protótipos de cada grupo foram reservados para testes de limpeza, enquanto um foi mantido sem intervenção para referência (controle). Os papéis utilizados foram: trapo, fibra de madeira e filtro (100% celulose), cortados em protótipos de 4x4 cm (Figura 11).

**Figura 11 – Protótipos em diferentes papéis.**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**A. Papel de trapo    B. Papel de fibra de madeira    C. Papel de filtro**

A lama foi aplicada com espátula metálica e pincel de cerdas curtas, após diluição de 1 g da lama seca em 1,0 mL de água de torneira, medida com micropipeta. A mistura foi homogeneizada com bastão de vidro e aplicada uniformemente sobre os papéis. As amostras foram pesadas antes e depois da aplicação para controle da quantidade de lama e preparo de amostras consistentes e reproduzíveis (Figuras 12 e 13). Durante a aplicação, o papel de filtro, por ser altamente absorvente, exigiu adição extra de 0,5 ml de água para melhor espalhamento. Já os papéis de trapo e madeira, por absorverem menos, não aceitaram bem a lama muito diluída, que escorria e não aderiu adequadamente.

**Figura 12** – Massa dos protótipos de papel antes da aplicação da lama.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 13** – Amostra de papel filtro impregnada com camada de lama.

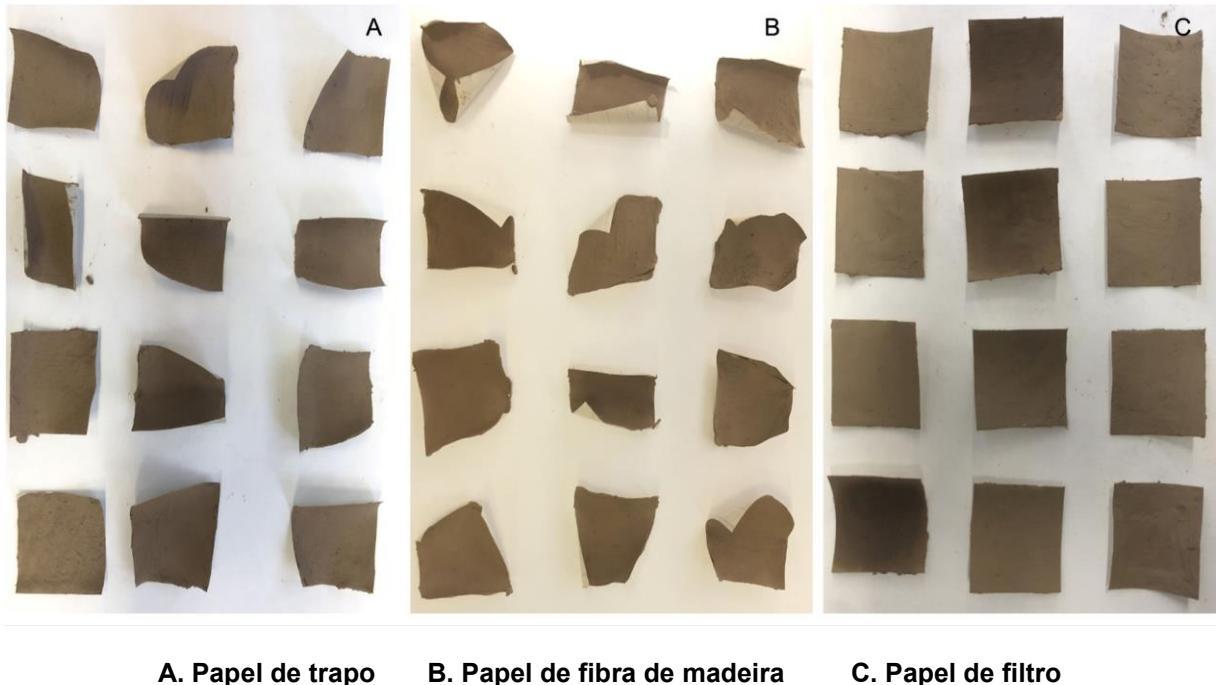


Fonte: Viviane Silva, 2025.

Após a aplicação, as amostras foram deixadas em condições ambientais para secar por pelo menos 48 horas. Observou-se que, durante a secagem (Figura 14), as bordas dos papéis de trapo e madeira se deformaram, enquanto as do papel de filtro, de maior gramatura, permaneceram planas. Para aumentar a aderência da lama, foi aplicada sobre cada amostra 1,0 ml de água de torneira, simulando reumidificação. No entanto, a adesão da lama foi, de modo geral, parcial e heterogênea. No papel de trapo, ocorreu uma aderência irregular da lama, com trincas, áreas soltas e deformações nas bordas; no papel de madeira ocorreu baixa aderência, com trincas

e enrugamento; finalmente, no papel de filtro houve melhor adesão, com pequenas trincas e boa fixação da lama.

**Figura 14** – Protótipos de papel impregnados com lama usando espátula e pincel.



A. Papel de trapo

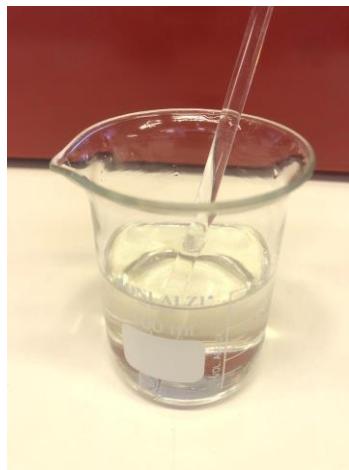
B. Papel de fibra de madeira

C. Papel de filtro

Fonte: Viviane Silva, 2025.

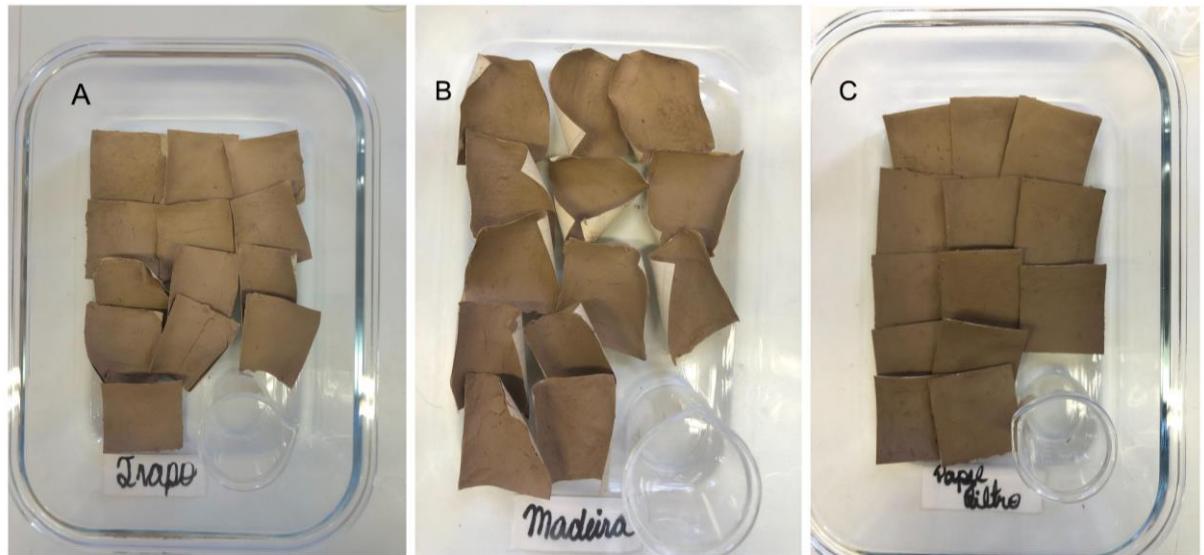
O envelhecimento artificial foi realizado com o objetivo de simular os efeitos do tempo e das condições ambientais sobre os papéis impregnados com lama. Os protótipos foram acondicionados em recipientes de vidro borossilicato com tampa hermética (1040 ml), juntamente com uma solução de glicerina 58% (m/m) em água deionizada para controle da umidade relativa de equilíbrio em 75% (Camargos et al., 2022). A solução foi preparada com 43 g de glicerina e 32 ml de água deionizada, totalizando 75 g. Essa mistura foi dividida em três bêqueres de 25 mL (Figura 15). As 13 amostras foram colocadas no recipiente junto a um dos bêqueres com solução de glicerina (Figura 16), que foi então vedado e levado à estufa a 80 °C por 7 dias.

**Figura 15** - Solução de glicerina com água deionizada.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 16** – Protótipos impregnados com espátula e pincel no recipiente de vidro hermético e o béquer de vidro com a solução de glicerina.



**A. Papel de trapo**

**B. Papel de fibra de madeira**

**C. Papel de filtro**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Após o envelhecimento, observou-se que a aderência da lama foi parcial. Nos papéis de trapo e de fibra de madeira, a lama apresentou trincas, áreas soltas e textura ressecada. Já no papel de filtro, a adesão foi mais eficaz, com poucas falhas (Figura 17). Devido à baixa aderência obtida, uma segunda técnica foi testada.

**Figura 17 – Protótipos impregnados com espátula e pincel após envelhecimento acelerado a 80 °C e 75% de umidade relativa.**



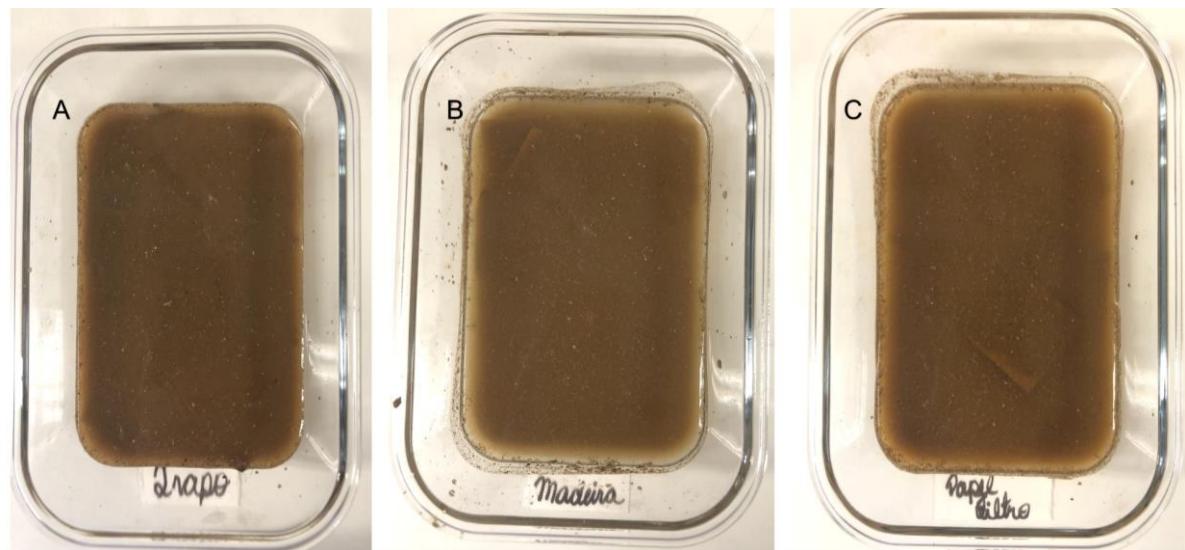
Fonte: Viviane Silva, 2025.

Como a primeira técnica não atingiu o resultado desejado, foi necessário testar um novo método. Ressalta-se que as duas técnicas procedem de formas distintas. Inspirada na forma como documentos são naturalmente afetados por enchentes, a nova abordagem consistiu em imergir as amostras em lama diluída. Para isso, preparou-se uma mistura com 30 g de lama seca em 200 ml de água de torneira, homogeneizada em bêquer de 200 ml com bastão de vidro. As amostras dos três tipos de papel foram organizadas em recipientes herméticos e a lama foi despejada diretamente sobre elas (Figura 18). Após 2 dias de secagem ao ar, para que pudessem absorver suficientemente a lama, os protótipos foram levados à estufa a 80 °C por 5 dias, sem glicerina (Figura 19).

Após o envelhecimento, a aderência da lama foi mais eficaz, sobretudo nas áreas de maior contato com o suporte, especialmente no verso das amostras (Figura 20). No papel de trapo, observou-se que, em algumas amostras, a lama não aderiu completamente, resultando em trincas, fragilidade e presença de sujidades nas regiões expostas. O papel de filtro apresentou melhor aderência, sem trincas ou áreas soltas, revelando apenas um leve ressecamento. Já o papel de fibra de madeira

demonstrou aderência parcial, concentrada principalmente no centro das amostras, enquanto as pontas apresentaram falhas, trincas e fissuras, além de sujidades visíveis nas áreas não cobertas por lama. Os efeitos observados confirmam que a lama promove rigidez, ressecamento e alterações estruturais nos papéis, em diferentes intensidades, conforme o tipo de suporte.

**Figura 18 –** Preparo dos protótipos por imersão em lama diluída em água da torneira.



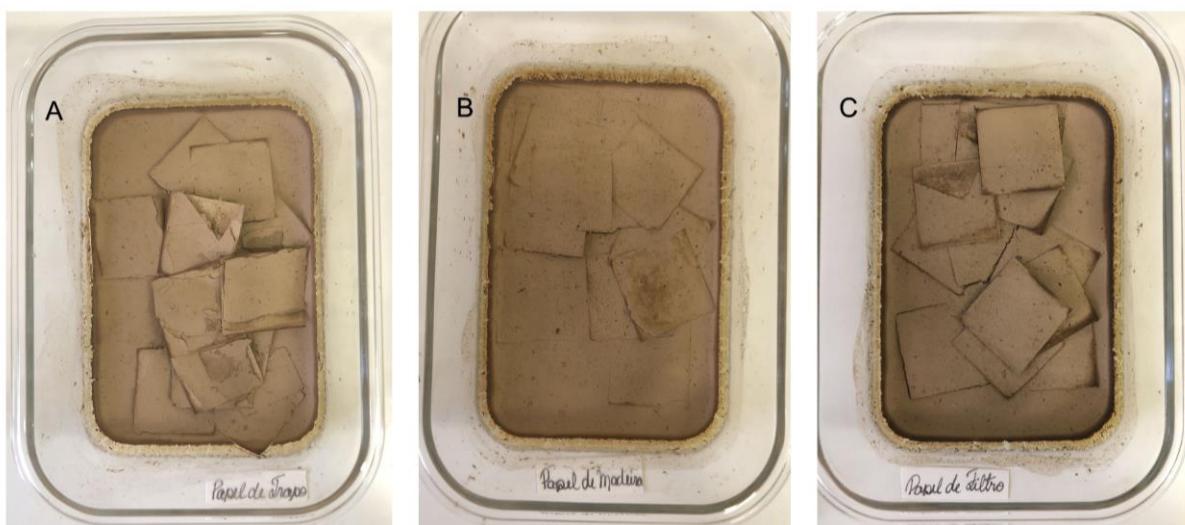
**A. Papel de trapo**

**B. Papel de fibra de madeira**

**C. Papel de filtro**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 19 –** Protótipos impregnados por imersão.



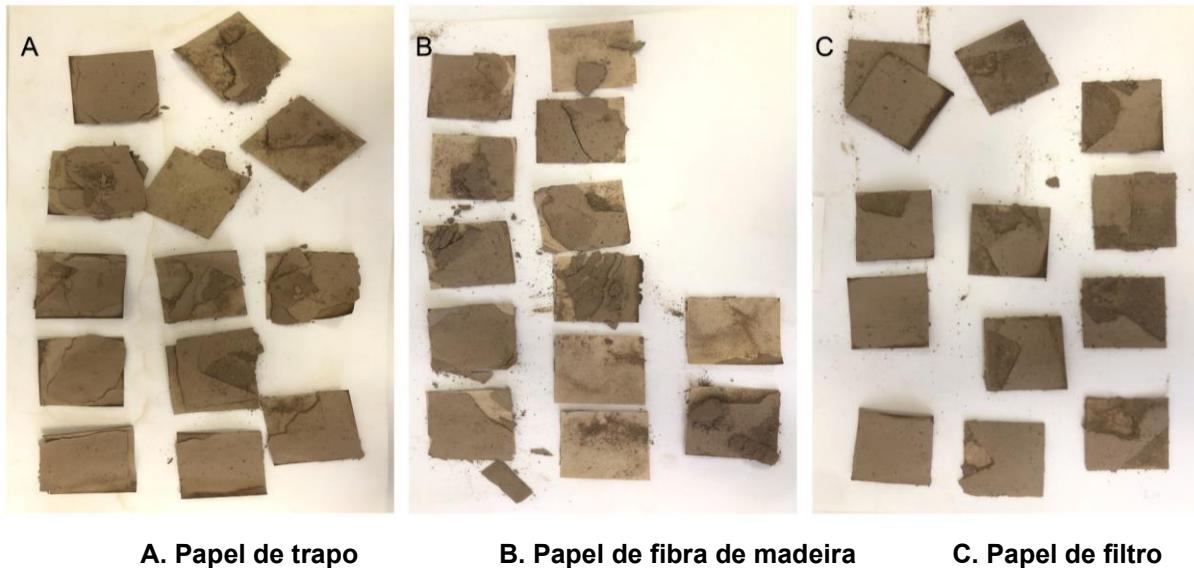
**A. Papel de trapo**

**B. Papel de fibra de madeira**

**C. Papel de filtro**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 20 –** Protótipos impregnados por imersão e envelhecidos a 80 °C.



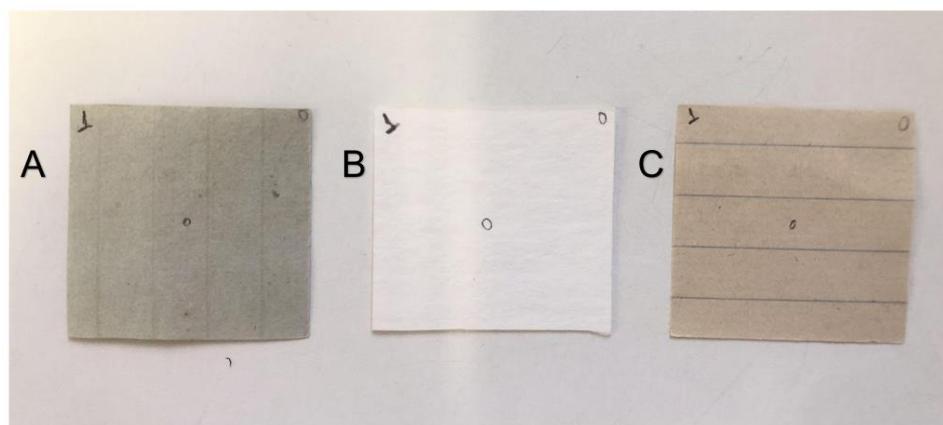
B. Papel de fibra de madeira

C. Papel de filtro

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Foi realizada a medida de pH nas amostras de papel de trapo, papel de fibra de madeira e papel de filtro que se encontravam em estado prístico (Figura 21), ou seja, sem a presença de lama. Para a medição, foi necessário umedecer a área de teste com água (neste caso, utilizou-se água deionizada previamente neutralizada com hidróxido de cálcio). A seguir, mediu-se o pH nas amostras impregnadas com lama (Figura 22).

**Figura 21 –** Amostras prísticas de papel para medidas de pH.



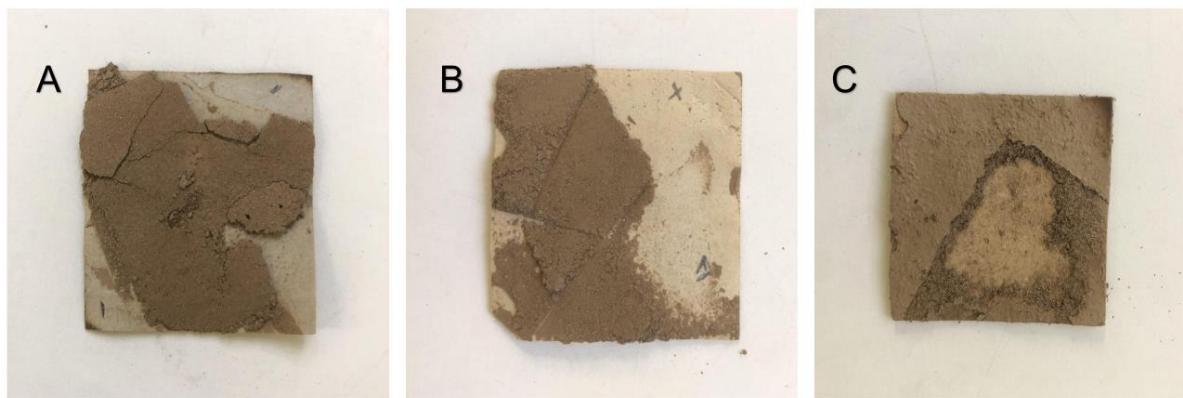
A. Papel de trapo

B. Papel de filtro

C. Papel de fibra de madeira

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 22** – Amostras de papel impregnadas com lama para medidas de pH.



A. Papel de trapo

B. Papel de fibra de madeira

C. Papel de filtro

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Nas amostras prístinas, aplicou-se uma gota da solução com auxílio de uma micropipeta, aguardando três segundos antes de posicionar o eletrodo do pHmetro digital sobre a área umedecida. O papel de filtro foi adotado como referência por apresentar características ideais: papel novo, altamente absorvente, composto por 100% de celulose e livre de aglutinantes. O papel de trapo, de origem vegetal, é produzido a partir de fibras têxteis como algodão, linho e cânhamo, enquanto o papel de fibra de madeira é obtido da polpa de madeira processada.

A comparação entre os protótipos prístinos e os impregnados com lama mostrou variações mínimas, mas com tendência à acidificação nas amostras com lama. Mostrando que as variações de temperatura, umidade, iluminação, tempo e componentes químicos utilizados nas fabricações dos papéis interferem diretamente, influenciando na sua estrutura química e física. Tornando-os por vezes ácidos, tanto os papéis prístinos, quanto os papéis com lama, principalmente o papel de filtro, que apresentou a maior variação de níveis de acidez. Os valores obtidos na tabela 7 foram realizados com o pHmetro (FIGURA 5).

**Tabela 7**- Valores dos resultados de pH dos papéis prístinos e com lama

Papel	Papel (prístico)	Papel (com lama)
Trapo	pH 5,72	pH 5,01
Fibra de madeira	pH 5,50	pH 5,69
Filtro	pH 6,80 0	pH 5,20

Fonte: Viviane Silva, 2025.

### *3.2 Procedimentos para a limpeza de protótipos em papel impregnado com lama*

É importante destacar que, em situações reais, antes de aplicar o tratamento aquoso é necessário analisar nos documentos a presença de outros tipos de materiais como: tintas (ferrogálicas, esferográficas e máquina de escrever), selos e carimbos que geralmente são solúveis em água e podem causar manchas e descolamento dos selos. Dessa forma é fundamental fazer o teste de solubilidade destes materiais. Caso esses materiais sejam solúveis não é recomendado o tratamento aquoso por imersão.

A proposta metodológica considerou, ainda, a aplicação de quatro técnicas de limpeza diferentes, utilizando quatro tipos de água (de torneira, filtrada, destilada e deionizada), com a finalidade de comparar os resultados em termos de eficiência e impacto no suporte. Foram utilizados 16 protótipos para cada tipo de papel (trapo, fibra de madeira e filtro), totalizando 48 amostras, divididas em quatro técnicas distintas de tratamento aquoso.

Em uma das abordagens, empregou-se o surfactante Triton X-100<sup>14</sup> em solução aquosa (abaixo da concentração micelar crítica) como agente de limpeza. Para um método mais eficaz na remoção da lama, a proposta é a utilização de um surfactante capaz de agir, facilitando o processo e interações sem causar maiores danos ao papel. Segundo Van Den Burg e Seymour (2022, p. 55) “embora não haja evidências diretas de qualquer risco à saúde associado ao uso do Triton X-100, recomenda-se cautela ao utilizá-lo, e alguns países o proibiram”. Pois estudos realizados recentemente apontam para reações que a degradação do Triton X-100 pode causar para vida aquática. Alternativas como Surfonic JL-80X<sup>15</sup> e o Ecosurf<sup>16</sup>

<sup>14</sup> Triton® X-100 ( $C_{14}H_{22}O(C_2H_4O)_n$ ) é um surfactante não iônico que apresenta um grupo óxido polietileno hidrofílico e um hidrocarbono lipofílico, ou seja, um grupamento hidrofóbico. É utilizado em todo tipo de composto para limpeza, desde os utilizados em limpeza industrial pesada e em concentrações menores como detergente brando. Link:<https://www.prolab.com.br/produtos/biologia-molecular/ultrapuros/triton-x-100-surfactante-anionico-500ml/>. Acesso em: 16 junho 2025

<sup>15</sup> É um surfactante não iônico. Possui um HLB de 13,1 (escala de 0 a 20) e é frequentemente incluído em sistemas de limpeza para remoção de sujeira superficial. É um álcool linear alcoxilado, solúvel em água e biodegradável. Este surfactante substitui o Triton X-100 e o Triton XL-80N. (Van Den Burg, Julia M.; Seymour, Kate, 2022, p. 54).

<sup>16</sup> São surfactantes não iônicos baseados em álcoois ramificados etoxilados/propoxilados. Eles se dissolvem bem tanto em água quanto em solventes de baixa polaridade, o que proporciona grande flexibilidade para uso em soluções de óleo em água e água em óleo. Eles são rapidamente umectantes, pouco espumantes, pouco odores e facilmente biodegradáveis e estáveis na presença de ácidos, bases e sais diluídos. (Van Den Burg, Julia M.; Seymour, Kate, 2022, p. 55).

EH-3, Ecosurf EH-6 e Ecosurf EH-9 poderiam ter sido consideradas, caso estivessem disponíveis.

As metodologias investigadas incluíram: (1) Imersão simples, utilizada em documentos com boa resistência mecânica e pequena quantidade de lama. A amostra foi imersa em água em temperatura ambiente por 1 minuto e 30 segundos para amolecimento da lama, seguida de remoção com trincha de cerdas macias. O verso foi limpo sem necessidade de nova imersão. (2) Raspagem e imersão, indicada para documentos com lama incrustada. A raspagem é feita com bisturi sem corte e espátula, seguida de imersão curta (1 minuto) e limpeza com trincha. A lama residual é removida com múltiplas trocas de água. (3) Plano inclinado (inclinação), usada em documentos fragilizados, para os quais a imersão não é recomendada. A limpeza é realizada com o protótipo posicionado sobre placa de vidro inclinada, com aplicação controlada de água e uso de trincha. A estabilidade do suporte é mantida durante todo o procedimento. (4) Solução de Triton X-100 (imersão ou inclinação), utilizada para testes de eficiência em limpeza profunda. A solução foi preparada na proporção de 0,25 g de Triton X-100 para 125 mL de água. O método escolhido (imersão ou inclinação) depende do grau de contaminação e do estado de conservação do papel. Após a aplicação, o protótipo é enxaguado cuidadosamente para remover os resíduos do surfactante.

Todos os procedimentos foram realizados com uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI): jaleco, luvas, óculos de proteção e máscara PFF2. Os protótipos foram secos e planificados após os tratamentos.

Além disso, os procedimentos de limpeza foram sempre iniciados pela remoção mecânica da lama, etapa essencial para eliminar o excesso superficial antes da aplicação dos tratamentos aquosos, exceto na imersão simples. No entanto, como a lama penetra nas fibras do papel, formando manchas e aderências profundas, a limpeza mecânica com bisturi ou espátula não é suficiente para sua completa remoção. Diante disso, e considerando o estado de conservação dos suportes, optou-se pela aplicação de técnicas por imersão ou plano inclinado, visando uma limpeza mais eficaz e segura para a integridade do material, ainda que se tratasse de um protótipo.

### 3.2.1 Imersão simples

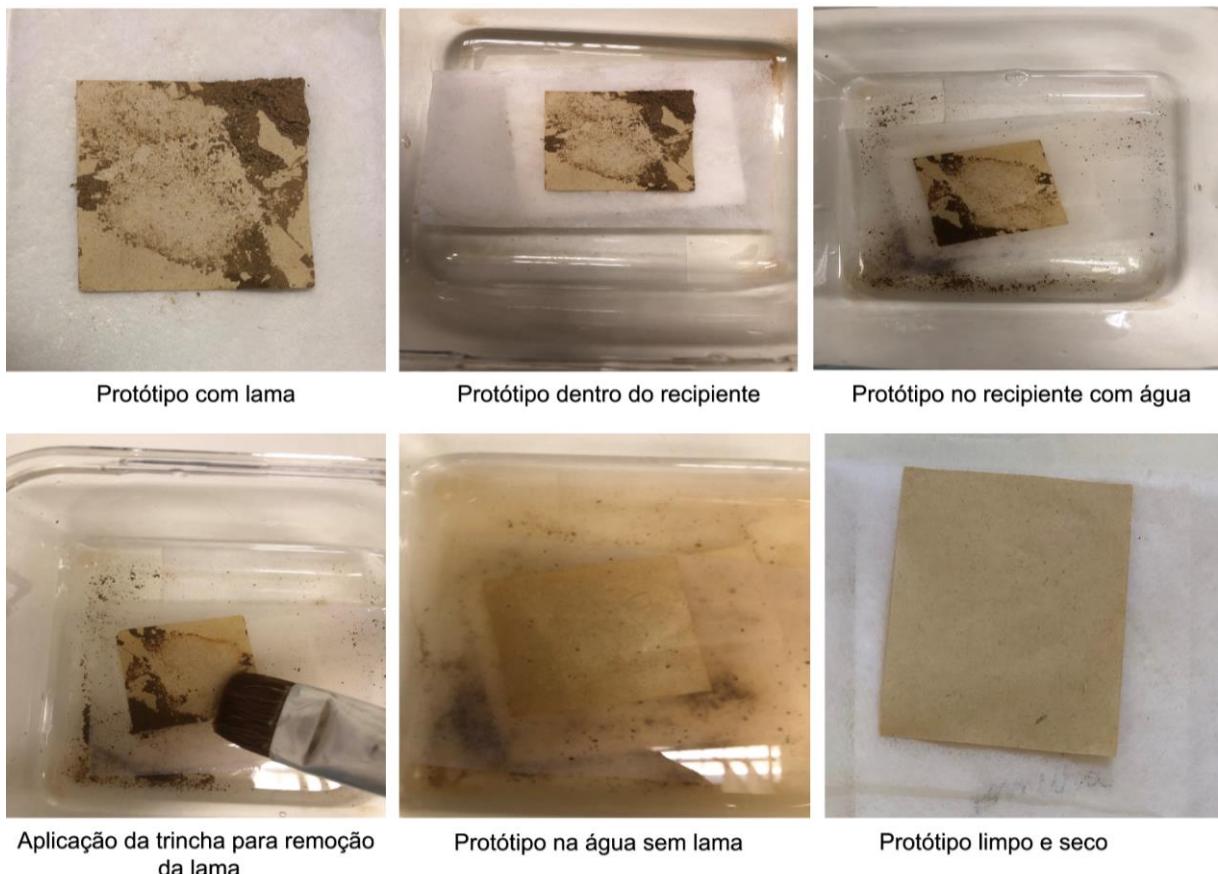
Para os documentos que não apresentavam problemas de resistência mecânica e continham apenas uma fina camada de lama, sem necessidade de raspagem com bisturi, espátula ou trincha, a técnica escolhida foi a imersão. O protótipo foi colocado em um recipiente grande, sobre uma base composta por mata-borrão e entretela, posicionados previamente no fundo do recipiente para evitar o contato direto com a superfície.

Em seguida, adicionou-se uma quantidade de água em temperatura ambiente suficiente para cobrir completamente o papel, evitando o excesso. Após a imersão, marcou-se o tempo de 1 minuto e 30 segundos para o amolecimento da lama. Passado esse tempo, o protótipo foi segurado cuidadosamente para garantir estabilidade e evitar deslocamentos, e procedeu-se à limpeza da superfície com uma trincha de cerdas macias, em movimentos circulares e suaves. O protótipo foi então virado, e o verso limpo da mesma forma, sem necessidade de novo tempo de amolecimento.

Durante a remoção da lama, observou-se constantemente o estado do papel para identificar possíveis reações ou alterações. O enxágue foi realizado com água limpa, que foi substituída sempre que apresentou turvação. O mata-borrão e a entretela também foram trocados quando estavam sujos ou impregnados com lama.

Ao final do processo, o protótipo foi cuidadosamente retirado junto com a entretela. A borda da entretela foi dobrada sobre a borda do papel para facilitar o manuseio e permitir o escorramento da água. Em seguida, o protótipo foi transferido para um novo conjunto seco de mata-borrão e entretela, sendo então encaminhado para as etapas de secagem e planificação. Dependendo da quantidade de lama, com duas ou três trocas de água é o suficiente para eliminar os vestígios ou restos de lama sobre o protótipo. Essas etapas podem ser vistas na Figura 23.

**Figura 23 –** Etapas da metodologia de limpeza por imersão simples.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

### 3.2.2 Raspagem e imersão

Para os documentos que não apresentavam comprometimento significativo da resistência mecânica à tração e continham maior quantidade de lama, com camadas espessas ou incrustadas sobre o papel, foi necessário realizar previamente a remoção mecânica da lama com bisturi sem corte, espátula e trincha de cerdas macias.

Sempre que possível, esse procedimento foi conduzido sob capela de exaustão. Na ausência do equipamento, improvisou-se uma barreira com papel ao redor da área de trabalho para conter os resíduos. A raspagem foi feita de cima para baixo e de dentro para fora, com movimentos suaves e inclinados, sem aplicar força, a fim de evitar atrito excessivo ou rasgos no suporte. Em seguida, utilizou-se a trincha para varrer os resíduos soltos da superfície do papel.

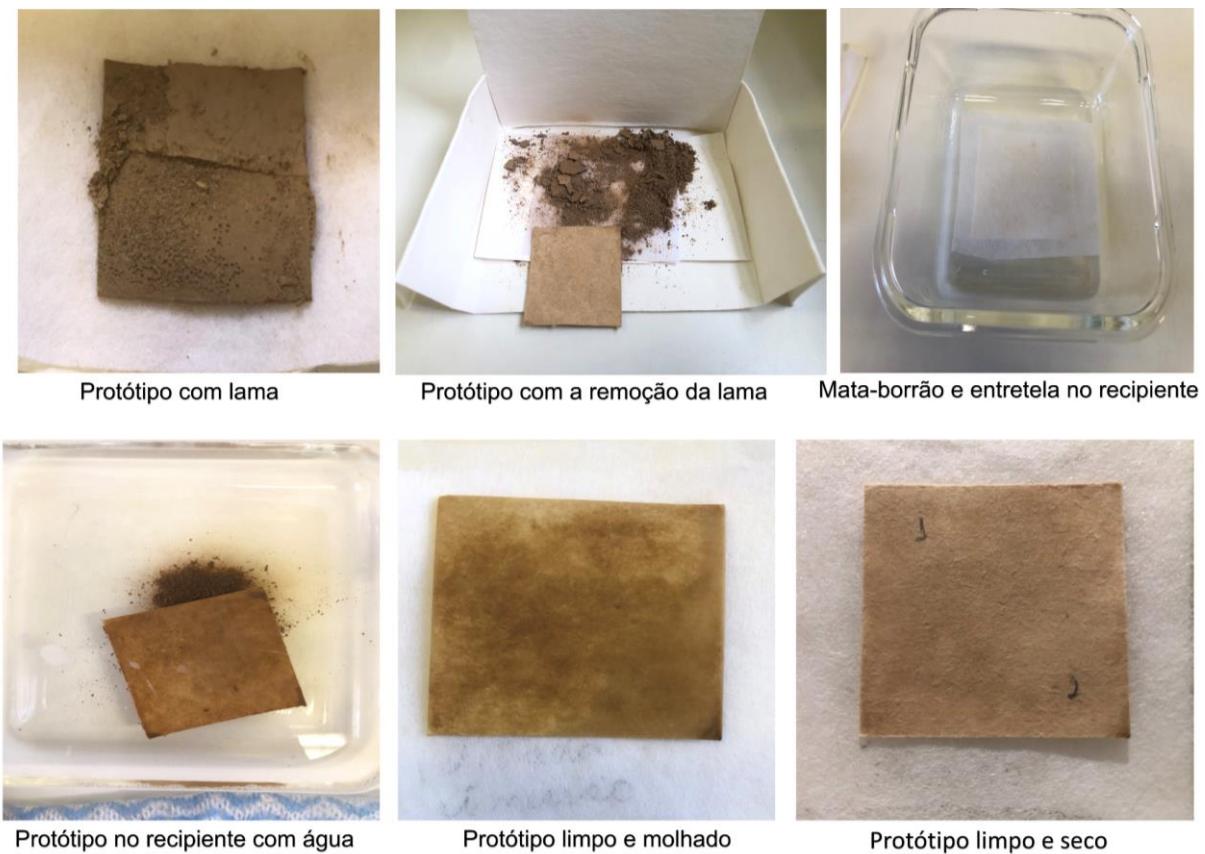
Após essa etapa, aplicou-se a técnica de imersão. O protótipo foi posicionado em um recipiente grande, sobre um conjunto de mata-borrão e entretela, e coberto com água em temperatura ambiente, suficiente para atingir toda a superfície do papel. O tempo de imersão foi de aproximadamente 1 minuto, considerando que a maior parte da lama já havia sido removida e que apenas resíduos finos permaneciam aderidos ao suporte.

Passado esse tempo, o protótipo foi segurado com cuidado para evitar deslocamentos, e a superfície foi limpa com trincha de cerdas macias, em movimentos circulares suaves. A limpeza do verso foi realizada na sequência, sem nova imersão. Em seguida, uma entretela limpa foi posicionada sobre o protótipo, e todo o conjunto foi transferido cuidadosamente.

Durante todo o processo, observou-se o comportamento do papel, a fim de identificar possíveis reações ou fragilidades. O enxágue foi feito com água limpa, substituída sempre que apresentou turvação. Também foram trocados o mata-borrão e a entretela sempre que houve impregnação por lama.

O protótipo foi então removido cuidadosamente com a entretela, dobrando-se sua borda sobre o papel para facilitar o manuseio. Após escorramento da água por alguns instantes, a amostra foi transferida para um novo conjunto seco de mata-borrão e entretela e, por fim, encaminhada para as etapas de secagem e planificação. Etapas de limpeza vista na Figura 24. Dependendo da quantidade de lama, com duas ou três trocas de água é o suficiente para eliminar os vestígios ou restos de lama sobre o protótipo.

**Figura 24 –** Etapas da metodologia de limpeza por raspagem seguida de imersão.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

### 3.2.3 Tratamento aquoso em plano inclinado (capilaridade)

Para os documentos que apresentavam comprometimentos na resistência mecânica, como perdas, rasgos ou elevada fragilidade, e continham quantidades variáveis de lama, a raspagem com bisturi, espátula ou trincha não foi recomendada. Nesses casos, a técnica escolhida foi a de plano inclinado (ou inclinação), que permitiu um maior controle do suporte durante o processo de limpeza.

O procedimento consistiu em posicionar uma placa de vidro inclinada na parede interna de um recipiente grande, de modo que ela permanecesse estável. A placa utilizada era maior que o protótipo, garantindo firmeza e segurança. Sobre ela, foram colocados um mata-borrão e uma entretela, previamente umedecidos para evitar o deslizamento durante a limpeza. O protótipo foi então cuidadosamente posicionado sobre esse conjunto.

Com auxílio de um pote, despejou-se água previamente reservada sobre o protótipo. A aplicação foi feita de forma controlada para amolecer a lama gradualmente, repetindo-se o processo até que toda a sujidade estivesse suficientemente solta. Durante todo o procedimento, o protótipo foi mantido fixo com a mão, de modo a evitar deslocamentos ou tensões que pudesse agravar sua fragilidade. Como o papel, ao ser umedecido, torna-se mais suscetível a danos, essa etapa exigiu atenção redobrada.

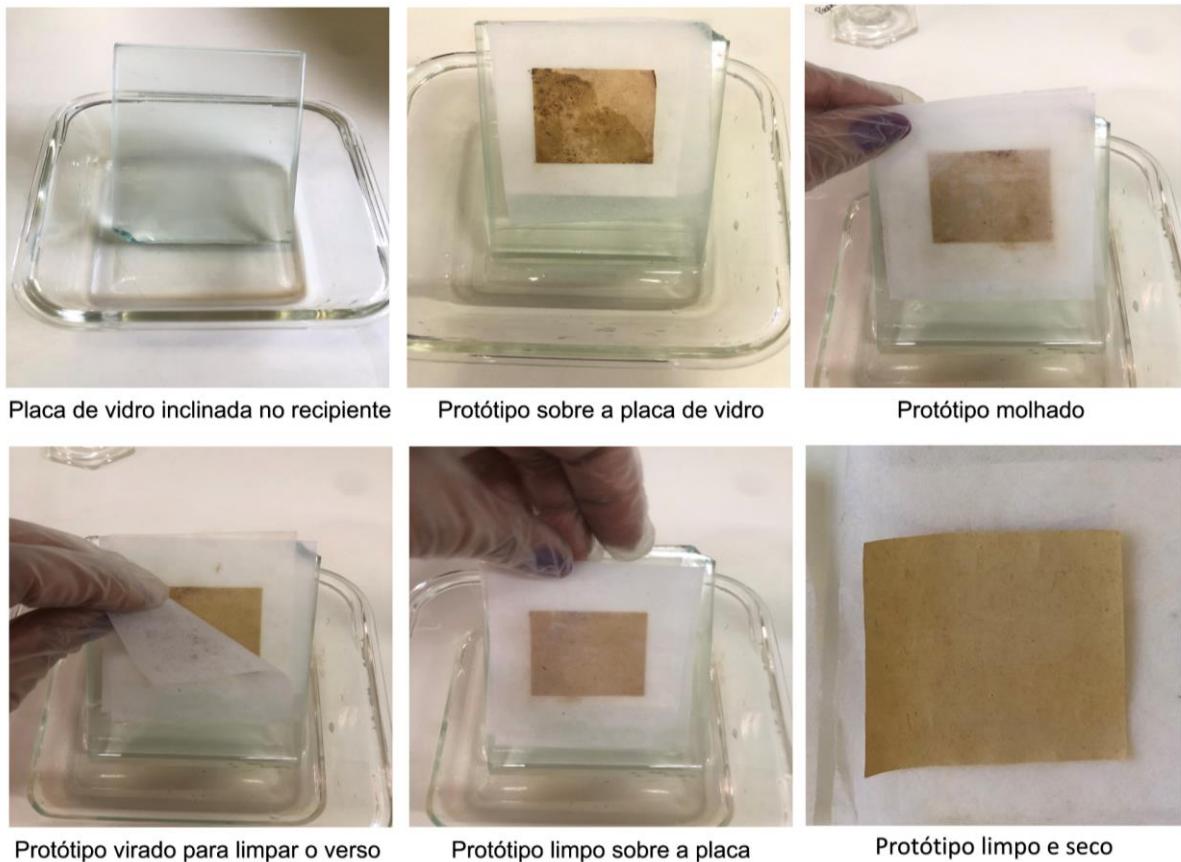
Em seguida, realizou-se a limpeza com trincha de cerdas macias, aplicando movimentos suaves sobre o papel. Quando necessário, alternou-se entre o uso da trincha e o despejo contínuo de água com o pote, garantindo a remoção progressiva da lama. O enxágue foi feito com água limpa, sendo substituída sempre que apresentava turvação.

Para limpar o verso do protótipo, posicionou-se uma entretela limpa sobre ele, formando um sanduíche com a entretela inferior. O conjunto foi então virado cuidadosamente, de forma que o verso ficasse acessível. A entretela suja foi removida, e o mesmo procedimento de limpeza foi repetido.

Ao final, o protótipo foi retirado cuidadosamente junto com a entretela, dobrando-se sua borda para facilitar o man-

useio. Após escorrimento parcial da água, foi transferido para um novo conjunto seco de mata-borrão e entretela, e encaminhado para secagem e planificação. Sempre que necessário, o mata-borrão foi substituído, principalmente quando apresentava resíduos de lama. As etapas desse procedimento estão ilustradas na Figura 25.

**Figura 25 - Etapas da metodologia de tratamento aquoso em plano inclinado (capilaridade).**



Fonte: Viviane Silva, 2025.

### 3.2.4 Aplicação de solução de Triton X-100 (imersão ou inclinação)

Para documentos que apresentavam ou não problemas de resistência mecânica, como perdas, rasgos e fragilidade, foi testada uma abordagem de limpeza mais eficiente e profunda, utilizando uma solução diluída de Triton X-100 em água. O surfactante foi empregado como agente solubilizante para a remoção de resíduos de lama impregnados nas fibras do papel. As duas técnicas associadas, imersão com plano inclinado e plano inclinado isoladamente, foram aplicadas conforme a condição do suporte e o grau de impregnação dos protótipos.

Nos casos em que o protótipo apresentava quantidade maior de lama, realizou-se previamente a raspagem com bisturi ou espátula e trincha. Quando havia apenas uma camada fina, a raspagem foi dispensada. A solução de Triton X-100 foi preparada

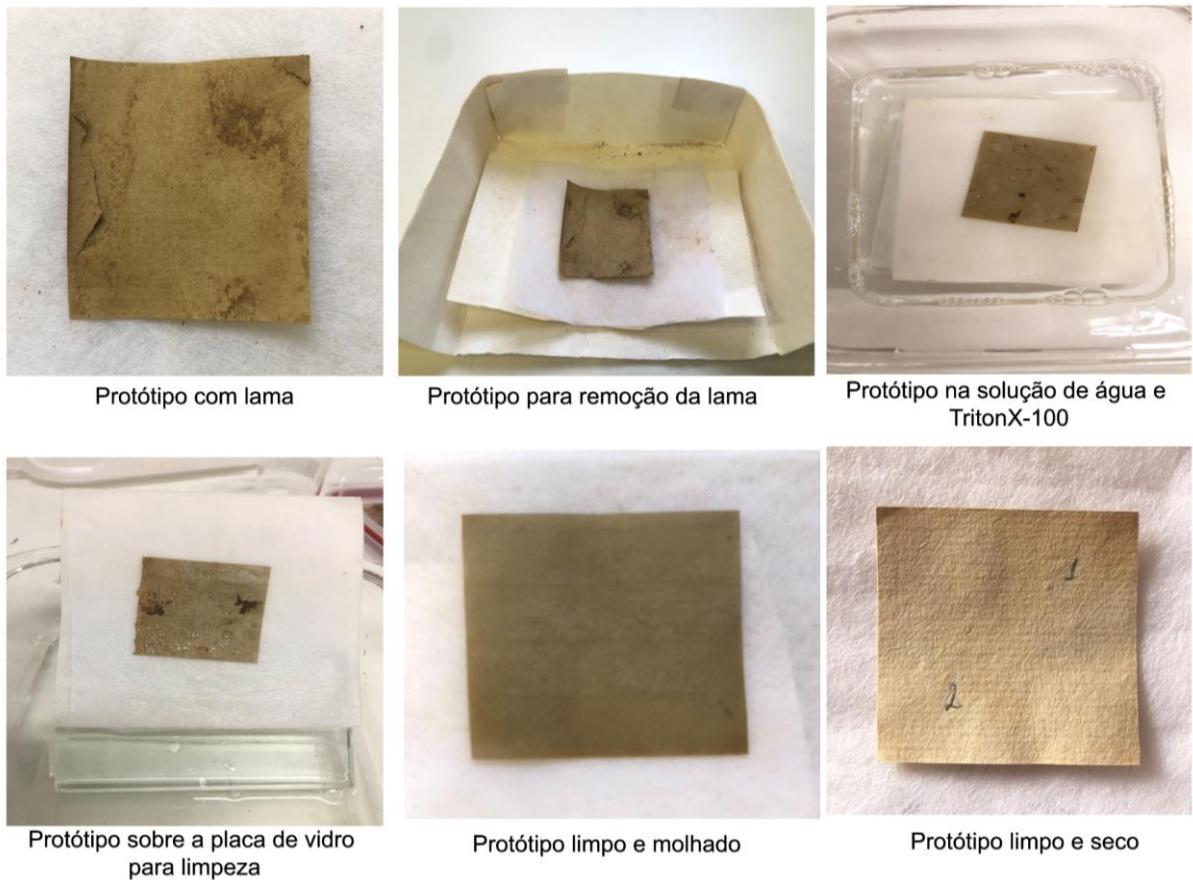
na proporção de 0,25 g para cada 125 mL de água, considerando a área do protótipo ( $4 \times 4$  cm).

(1) Para documentos com resistência mecânica à tração preservada, aplicou-se a técnica de imersão seguida de limpeza em plano inclinado. O protótipo foi posicionado sobre mata-borrão e entretela no interior de um recipiente, e coberto com a solução até atingir a superfície do papel, evitando-se o excesso. A solução foi mantida em temperatura ambiente. Após 1 minuto e 30 segundos para amolecimento da lama, o protótipo foi retirado com a entretela, cuidadosamente dobrada sobre a borda do papel. Em seguida, posicionou-se o conjunto sobre uma placa de vidro inclinada, previamente molhada e forrada com novo mata-borrão. A limpeza foi realizada com trincha de cerdas macias, em movimentos circulares suaves. Também se utilizou um pote para despejar a solução sobre a superfície ou para umedecer a trincha. Após a remoção da lama, o protótipo foi enxaguado com água limpa. Para limpar o verso, adicionou-se nova entretela, formando um sanduíche que foi virado cuidadosamente. A entretela suja foi removida, e repetiu-se o procedimento. O protótipo foi então retirado com a entretela, escorrido, e transferido para um conjunto seco de mata-borrão e entretela para secagem e planificação. Trocou-se o mata-borrão sempre que necessário.

(2) Para documentos com resistência mecânica à tração comprometida, utilizou-se exclusivamente a técnica do plano inclinado com solução de Triton X-100. A solução foi preparada na mesma proporção e reservada. A placa de vidro foi colocada inclinada dentro de um recipiente, com mata-borrão e entretela umedecidos sobre sua superfície. O protótipo foi posicionado cuidadosamente sobre o conjunto, e a solução foi aplicada em etapas com auxílio de um pote, permitindo o amolecimento gradual da lama. Durante o procedimento, o protótipo foi sempre mantido estável com as mãos, evitando deslocamentos que pudessem causar mais danos. A limpeza foi conduzida com trincha macia, combinando a aplicação da solução e a ação mecânica delicada. Após a remoção completa da lama, procedeu-se ao enxágue com água limpa. Para virar o protótipo e limpar o verso, utilizou-se nova entretela sobre o suporte, que foi então invertido cuidadosamente. A entretela suja foi removida e o verso limpo com o mesmo cuidado. Ao final, o protótipo foi retirado com a entretela,

escorrido e transferido para mata-borrão e entretela secos, sendo encaminhado para secagem e planificação. Etapas de limpeza na Figura 26.

**Figura 26** - Etapas da metodologia de tratamento aquoso com a solução de água e Triton X-100 com as técnicas por imersão e inclinação



Fonte: Viviane Silva, 2025.

### 3.2.5 Reuso do mata-borrão

O mata-borrão é um papel produzido de pasta química sem colagem apresentando um alto poder de absorção, sendo utilizado como material de apoio e proteção para a planificação e secagem de documentos, objetos e pinturas. Por ser um papel absorvente tem a capacidade de absorver outros materiais além dos líquidos. Essa absorção não permite que o material ou sujidades absorvidas se soltem e sejam transferidos novamente para o objeto em tratamento, devido as fibras do papel. Dessa forma, durante o procedimento de limpeza, não seja necessário a troca

constante do papel. Devido as essas características o papel aceita o processo de lavagem permitindo a sua reutilização.

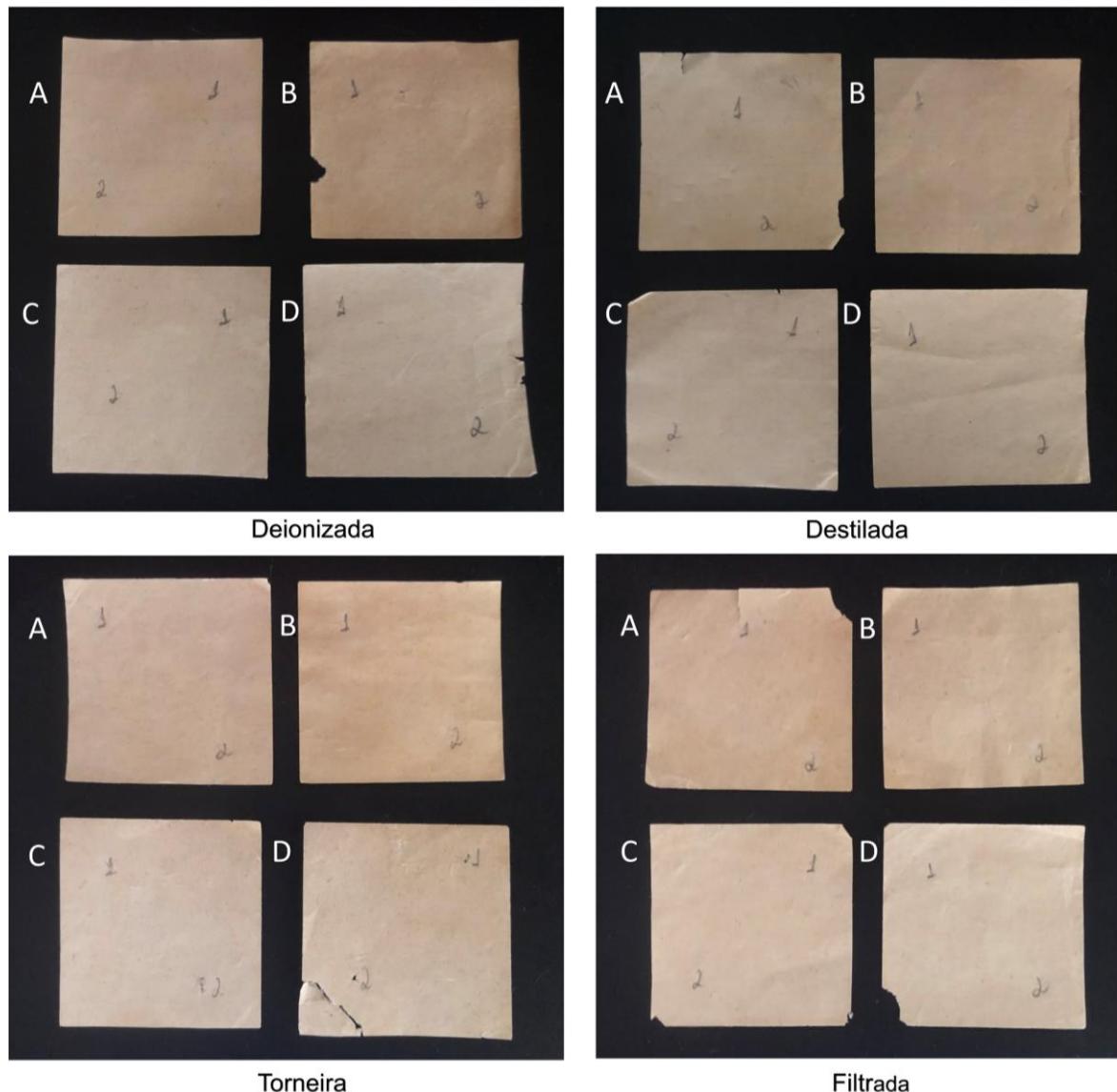
### 3.2.6 Descarte da água contendo lama após procedimentos de limpeza

Pensando de maneira sustentável no descarte da água com muita lama e com a solução de Triton X-100. É importante que a água utilizada na limpeza não seja descartada diretamente na pia ou em local inapropriado, pelo fato, de conter lama, que pode estar contaminada, além de ocasionar problemas como entupimento na rede de esgoto, existe também a presença da solução diluída de Triton X-100 que é capaz de causar danos a vida aquática. Dessa forma, o ideal é deixar a água com a lama decantar no fundo do recipiente. Após a decantação despeje somente a água, em um local apropriado e a lama que fica no fundo deve ser colocada dentro de um recipiente ou um saco plástico para o descarte correto.

## 3.3 Análise visual, colorimétrica e físico-química antes e após a remoção da lama de protótipos em papel

A análise visual dos protótipos de papel de fibra de madeira após o tratamento de limpeza, com aplicação das quatro técnicas de banho associadas às quatro águas selecionadas, indicou que a técnica por imersão em solução diluída de Triton X-100 combinada ao plano inclinado apresentou os resultados mais satisfatórios. Com essa técnica, foi possível remover praticamente toda a lama visível do suporte, independentemente da água utilizada. As amostras tratadas apresentaram uma superfície visivelmente mais limpa e homogênea, sem evidência de manchas, ao contrário das demais, que mantiveram resíduos perceptíveis. No entanto, observou-se um esmaecimento das linhas pautadas originalmente presentes no papel, cuja causa não pôde ser identificada. A Figura 27 apresenta a comparação visual entre os tratamentos, e os resultados comparativos estão organizados na Tabela 8, elencados em ordem decrescente de eficiência aparente.

**Figura 27 – Aspecto visual dos protótipos de papel de madeira após a remoção da lama.**



**A. Raspagem da lama e Imersão   B. Imersão   C. Plano inclinado  
D. Triton X-100 / Imersão / Plano inclinado**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

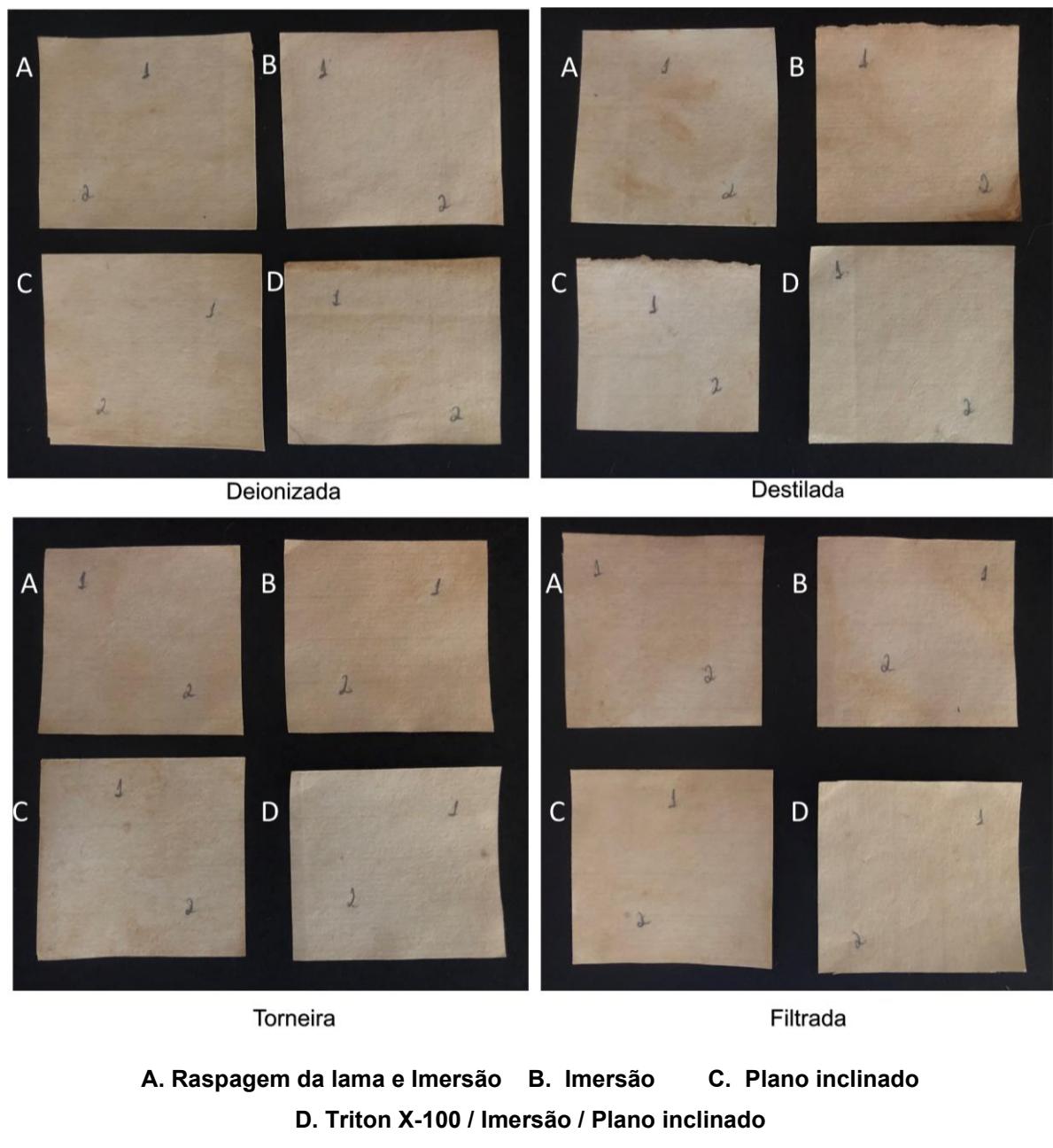
**Tabela 8** - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de fibra de madeira.

<b>Papel de fibra de madeira</b>				
	<b>Água deionizada</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Água de torneira</b>	<b>Água filtrada</b>
1º	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / / plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / / plano inclinado
2º	Plano inclinado	Plano inclinado	Plano inclinado	Plano inclinado
3º	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Imersão
4º	Imersão	Imersão	Imersão	Raspagem da lama e Imersão

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Nos protótipos de papel de trapo a limpeza teve um resultado satisfatório com a técnica de imersão em solução diluída de Triton X-100 com o plano inclinado ou inclinação, principalmente com as águas destilada, de torneira e a filtrada em que a superfície do papel visualmente apresenta-se mais limpa apesar de pequenas manchas presentes em alguns pontos. Porém, com a água deionizada, (lembrando que água não passou por um processo de neutralização antes de ser aplicada no tratamento de limpeza) o resultado foi melhor com a técnica por imersão atingindo uma superfície mais limpa, apesar de visualmente ainda constar pequenas manchas em alguns pontos. Para uma análise de parâmetro de limpeza das técnicas com as águas, é possível comparar conforme a tabela 9. O resultado pode ser visto na Figura 28.

**Figura 28** - Aspecto visual dos protótipos de papel de trapo após a remoção da lama.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

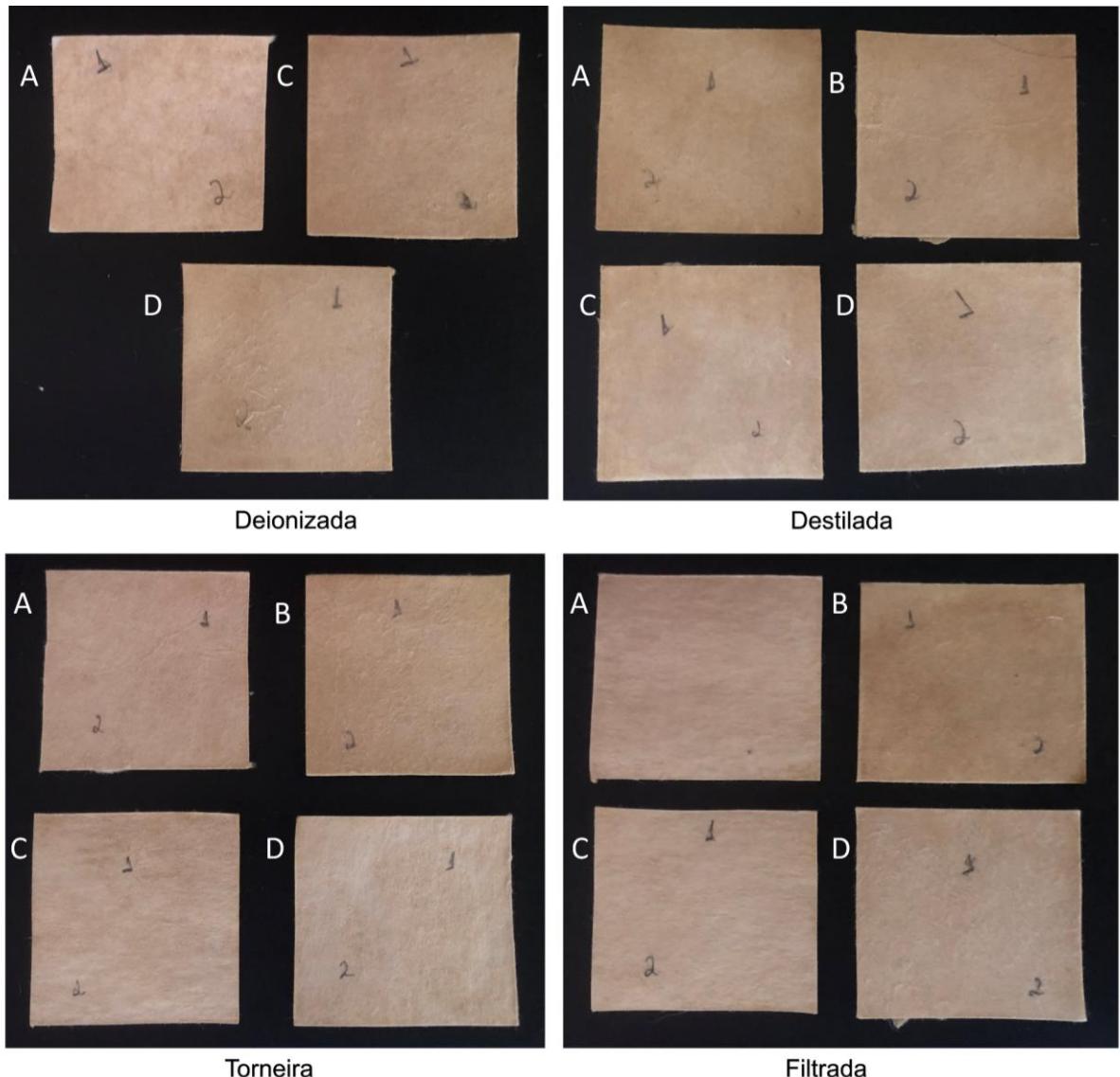
**Tabela 9** - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de trapo.

<b>Papel de trapo</b>				
	<b>Água deionizada</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Água de torneira</b>	<b>Água filtrada</b>
1º	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado
2º	Imersão	Plano inclinado	Plano inclinado	Plano inclinado
3º	Plano inclinado	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Imersão
4º	Raspagem da lama e Imersão	Imersão	Imersão	Raspagem da lama e Imersão

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Com os papéis de filtro os resultados são quase os mesmos visivelmente. Observando os protótipos, os que conseguiram atingir uma limpeza satisfatória foram com as técnicas de plano inclinado ou inclinação com água destilada e a técnica de imersão em solução diluída de Triton X-100; com plano inclinado ou inclinação, basicamente com as águas de torneira e filtrada. Os protótipos limpos com a água deionizada visualmente são parecidos, em que não é perceptível a diferença entre as amostras, pois ambas apresentam manchas em toda a superfície do papel. Na Figura 29 segue o resultado da limpeza das técnicas com as águas, e na tabela 10 o parâmetro de limpeza entre as técnicas com as águas.

**Figura 29 - Aspecto visual dos protótipos de papel de filtro após a remoção da lama.**



**A. Raspagem da lama e Imersão    B. Imersão    C. Plano inclinado**

**D. Triton X-100 / Imersão /Plano inclinado**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Tabela 10** - Parâmetro do resultado de limpeza no papel de filtro.

<b>Papel de filtro</b>				
	<b>Água deionizada</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Água de torneira</b>	<b>Água filtrada</b>
1º	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado	Triton x- 100 / Imersão / Plano inclinado
2º	Imersão	Plano inclinado	Plano inclinado	Plano inclinado
3º	Inclinação	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Imersão
4º	Raspagem da lama e Imersão	Imersão	Imersão	Raspagem da lama e Imersão

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Em relação à mudança de cor dos protótipos sem a presença da lama, com a lama impregnada e após a limpeza, foi possível observar variações significativas nas coordenadas colorimétricas no espaço CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), registradas por meio do colorímetro (Figura 30). Neste espaço de cor,  $L^*$  representa a luminosidade da amostra, em uma escala de 0 a 100. O valor 0 corresponde ao preto absoluto e 100 ao branco total. Valores mais altos indicam superfícies mais claras. A coordenada  $a^*$  é o eixo cromático que varia entre verde (valores negativos) e vermelho (valores positivos). A coordenada  $b^*$ , por sua vez, é o eixo cromático que varia entre azul (valores negativos) e amarelo (valores positivos). As análises foram realizadas para os papéis de fibra de madeira e de trapo, e estão representadas nas Figuras 31 e 32, e nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

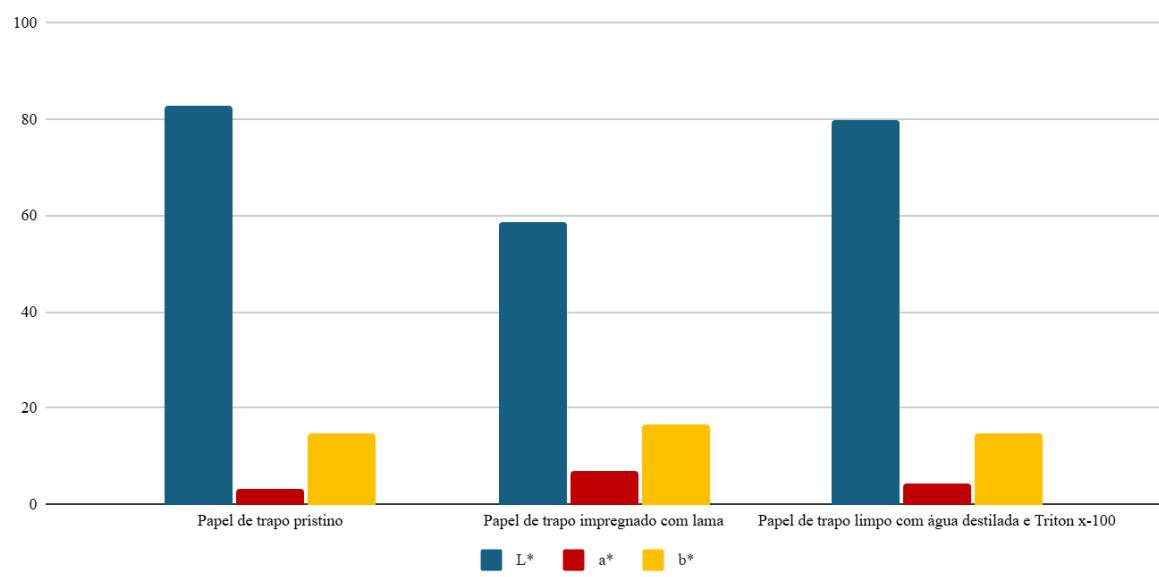
**Figura 30** – Colorímetro portátil.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

No papel de fibra de madeira, foi observado que a lama reduziu a luminosidade ( $L^*$ ) e intensificou a tonalidade vermelha ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ) (Figura 31). Após o tratamento com água filtrada e técnica de plano inclinado, houve um ganho significativo de  $L^*$  e uma normalização das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , sinalizando uma recuperação satisfatória da cor original do suporte. Os resultados estão dispostos na Figura 31 e na Tabela 11.

**Figura 31** – Parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$  dos protótipos de papel de madeira prístinos, com lama e limpos com Triton-X 100.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

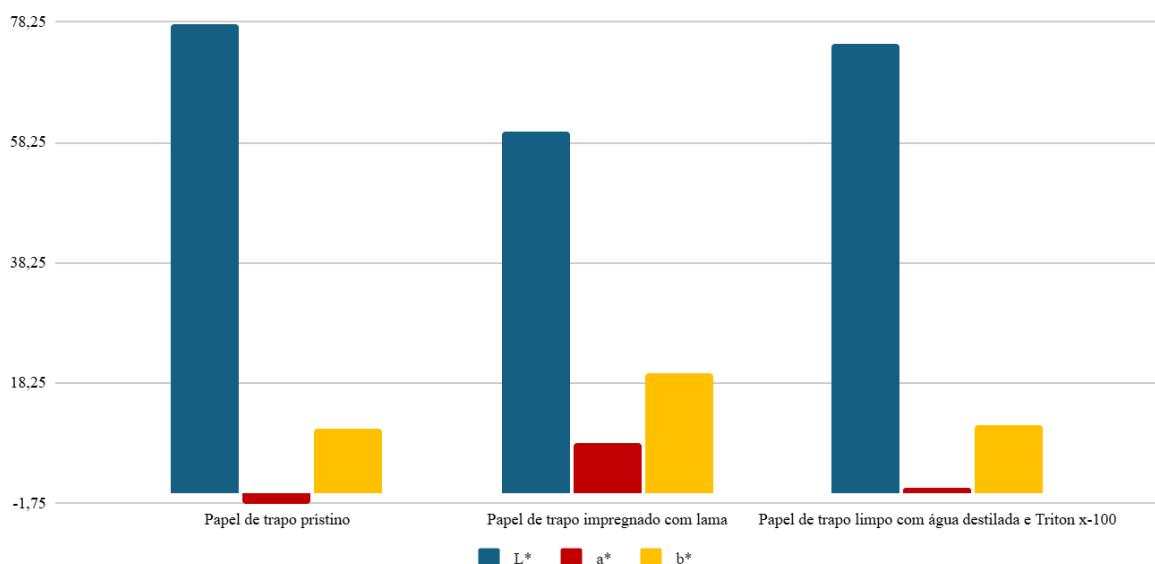
**Tabela 11** - Parâmetro colorimétricos (média e desvio padrão) para o papel de fibra de madeira antes e após a impregnação com lama e o tratamento de remoção.

L*	desvio	a*	desvio	b*	desvio
82,7	0,6	3,3	0,0	14,9	0,2
58,5	12,7	7,1	2,1	16,8	0,1
79,9	0,1	4,4	0,1	14,8	0,0

Fonte: Viviane Silva, 2025.

No caso do papel de trapo, a lama provocou uma redução marcante na luminosidade ( $L^*$ ), acompanhada de aumento nos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , indicando escurecimento e alteração cromática para tons mais avermelhados e amarelados. O tratamento com solução diluída de Triton X-100 e água destilada, seguido da técnica de plano inclinado, resultou em uma recuperação parcial da luminosidade e dos parâmetros cromáticos, aproximando-se do estado original. Essa evolução pode ser visualizada na Figura 32 e detalhada na Tabela 12.

**Figura 32** – Parâmetros colorimétricos  $L^*a^*b^*$  dos protótipos de papel de trapo prístinos, com lama e limpos com Triton-X 100.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Tabela 12** - Parâmetro colorimétricos (média e desvio padrão) para o papel de trapo antes e após a impregnação com lama e o tratamento de remoção.

L*	desvio	a*	desvio	b*	desvio
77,9	0,4	-1,8	0,1	10,6	0,2
60,1	4,9	8,2	0,9	19,9	0,1
74,7	0,3	0,9	0,2	11,4	0,2

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Com o objetivo de realizar uma análise visual mais precisa e detalhada dos resultados de limpeza dos protótipos, foi utilizado o microscópio digital HD Color CMOS, modelo DM-1000X, com 24-bit DSP, resolução otimizada de  $640 \times 480$  pixels e zoom digital de até 1000x. Esse equipamento possibilitou a ampliação significativa das imagens, permitindo a observação direta da estrutura das fibras e da presença residual de lama após os tratamentos.

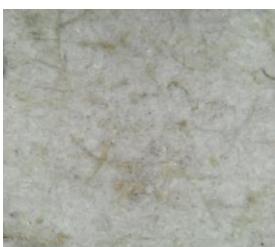
A proposta da análise foi verificar se as técnicas de limpeza e os diferentes tipos de água utilizados resultaram em alterações na estrutura das fibras e na remoção efetiva da lama, que visualmente ainda era perceptível em algumas áreas dos protótipos em papel de fibra de madeira (Tabela 13), papel de trapo (Tabela 14) e papel de filtro (Tabela 15), na forma de manchas destacadas.

Os resultados obtidos com o microscópio digital USB evidenciaram que a lama forma camadas densas e aderidas, que se entrelaçam com as fibras do papel, dificultando sua remoção completa. As imagens iniciais mostraram os papéis prístinos (sem lama) e contaminados, permitindo a comparação direta com os protótipos tratados. Nas imagens, as camadas de lama foram destacadas em tonalidade amarela, facilitando a identificação das áreas contaminadas.

A partir dessa análise, foi possível estabelecer um parâmetro comparativo de eficácia das técnicas de limpeza. Observou-se que: (1) A técnica por imersão em solução diluída de Triton X-100 associada ao plano inclinado apresentou os melhores resultados, promovendo uma remoção mais eficiente da lama incrustada nas fibras. Isso se deve à ação do surfactante, que facilita a solubilização da sujidade. (2) Em segundo lugar, a técnica do plano inclinado isolado também demonstrou desempenho

satisfatório, especialmente por permitir maior controle sobre a aplicação da água e a ação mecânica da trincha. (3) A técnica de raspagem da lama seguida de imersão teve eficácia moderada, removendo a lama superficial, mas deixando resíduos entre as fibras. (4) Por fim, a imersão simples foi a que apresentou os piores resultados, com menor capacidade de desprender as camadas de lama profundamente aderidas à estrutura das fibras do papel.

**Tabela 13** - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.

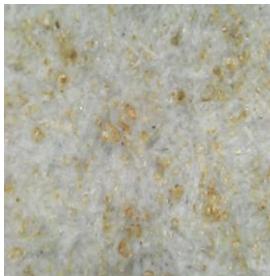
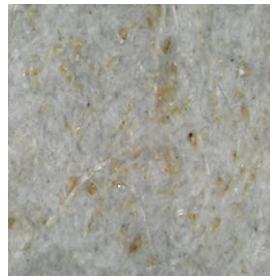
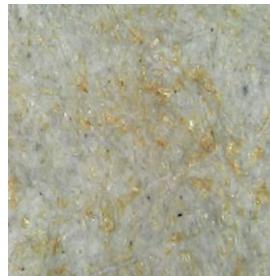
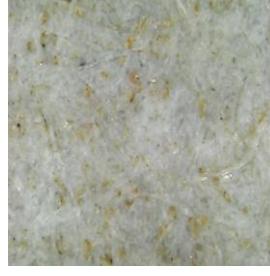
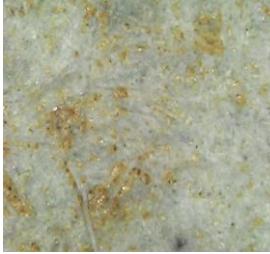
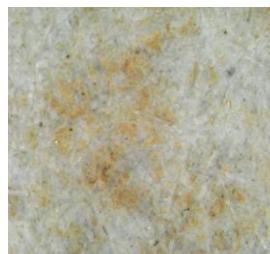
<b>Papel de fibra de madeira</b>				
	<b>Papel limpo</b>	<b>Papel com lama</b>		
	<b>Água deionizada</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Água de torneira</b>	<b>Água filtrada</b>
1ºTécnica	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 
2ºTécnica	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 

	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e Imersão	Raspagem da lama e imersão
3º Técnica				
4º Técnica	Imersão	Imersão	Imersão	Imersão
				

Fonte: Viviane Silva, 2025.

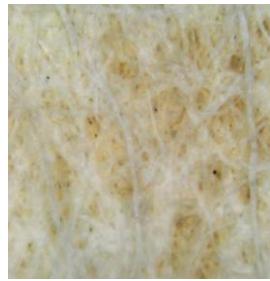
**Tabela 14** - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.

<b>Papel de trapo</b>				
<b>Papel limpo</b>		<b>Papel com lama</b>		
				
	Água deionizada	Água destilada	Água de torneira	Água filtrada

1º Técnica	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 
2º Técnica	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 
3º Técnica	Raspagem da lama e Imersão 	Raspagem da lama e Imersão 	Raspagem da lama e Imersão 	Raspagem da lama e Imersão 
4º Técnica	Imersão 	Imersão 	Imersão 	Imersão 

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Tabela 15** - Imagens dos protótipos antes e depois da limpeza, obtidas com Microscópio digital USB.

<b>Papel de filtro</b>				
	<b>Papel limpo</b>		<b>Papel com lama</b>	
	<b>Água deionizada</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Água de torneira</b>	<b>Água filtrada</b>
1º Técnica	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 	Triton x- 100 / Imersão / plano inclinado ou Inclinação 
2º Técnica	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 	Inclinação 

3º Técnica	Raspagem da lama e Imersão			
4º Técnica	Imersão <i>Sem imagem</i>	Imersão	Imersão	Imersão

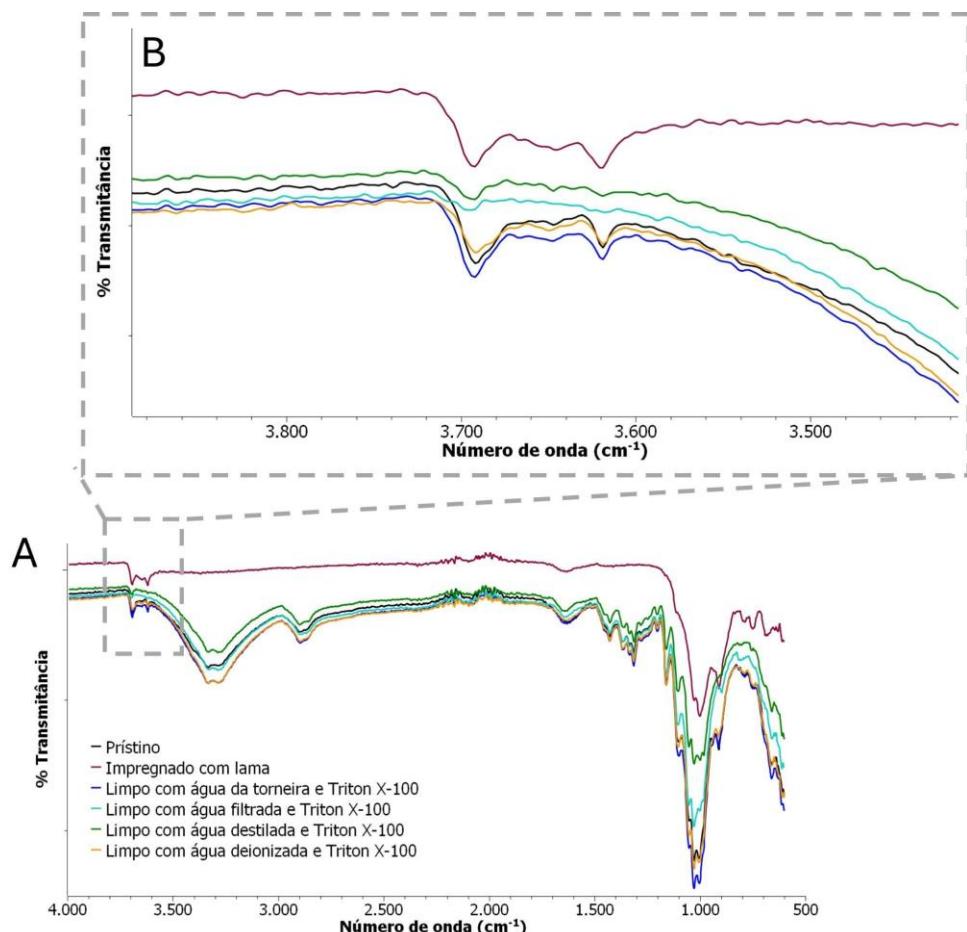
Fonte: Viviane Silva, 2025.

Finalmente, com o objetivo de identificar os constituintes orgânicos e inorgânicos presentes nos protótipos antes e após os procedimentos de limpeza, foi realizada análise por espectroscopia de absorção no infravermelho em modo de refletância total atenuada (FTIR), técnica que permite a caracterização qualitativa de substâncias a partir das suas ligações químicas, por meio da interação com a radiação infravermelha.

As análises abrangeram amostras dos papéis sem lama (prístinos), dos protótipos impregnados com lama e dos protótipos submetidos aos tratamentos de limpeza com as quatro águas (deionizada, destilada, filtrada e de torneira), com e sem adição de Triton X-100. As análises foram conduzidas com um espectrômetro Bruker Alpha com módulo ATR Platinum Diamond. Os espectros foram coletados na faixa de 4000 a 600 cm<sup>-1</sup>, com resolução espectral de 4 cm<sup>-1</sup>, realizando-se 24 varreduras por amostra e 24 para background. A geração e análise dos espectros foi feita com o software SciDAVis, sendo a interpretação apoiada por literatura especializada (bases de espectros).

A técnica permitiu examinar os papéis de trapo, de fibra de madeira e de filtro em diferentes condições, incluindo a identificação de compostos associados à lama. Os espectros obtidos foram agrupados para comparação entre as condições (prístico, com lama e após limpeza), observando as bandas de absorção características e suas variações. Nos espectros do papel de fibra de madeira, observou-se a presença de argilominerais com banda de absorção entre 3700 e 3600 cm<sup>-1</sup>, atribuída ao estiramento de O–H em minerais de argila, com pico centrado em 3620 cm<sup>-1</sup> (Figura 33).

**Figura 33** – Espectros de FTIR para papel de fibra de madeira prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água.

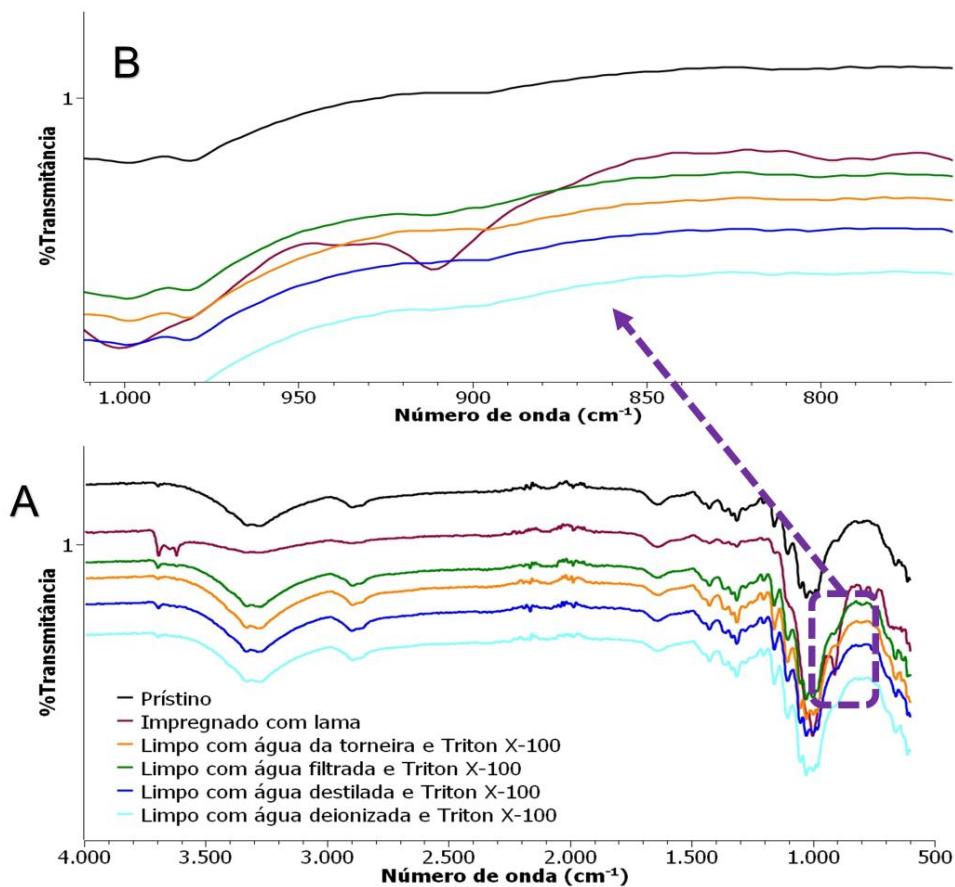


Fonte: Camilla Camargos, 2025.

No papel de trapo, por sua vez, foi detectada uma banda em 910 cm<sup>-1</sup>, compatível com a presença de cálcio (Ca) em minerais da lama (Figura 34). Entre os

papéis prístico, com lama e tratados com Triton X-100, não foram observadas modificações químicas significativas, com exceção da já mencionada banda de  $3620\text{ cm}^{-1}$  referente à lama impregnada e que não está presente no espectro do papel prístico e limpo (Figura 33).

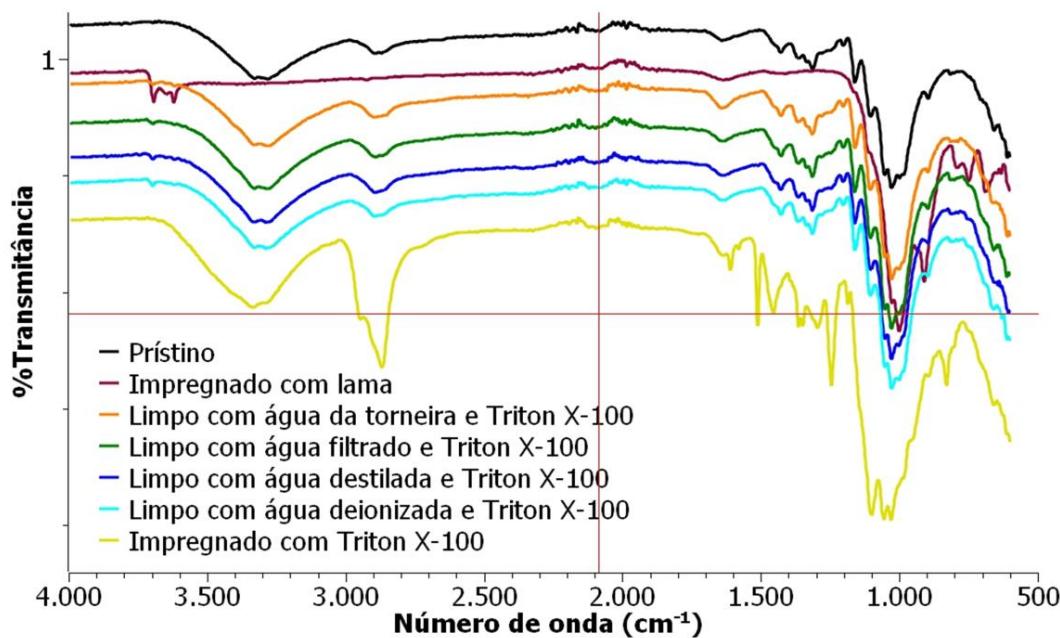
**Figura 34** – Espectros de FTIR para papel de trapo prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água.



Fonte: Camilla Camargos, 2025.

No espectro FTIR do papel de filtro, por sua vez, observou-se uma banda em  $3080\text{ cm}^{-1}$ , atribuída ao Triton X-100, presente na amostra de referência, mas não detectada nos papéis tratados com a solução de limpeza contendo o surfactante e as diferentes águas (Figura 35). Isso sugere que, após o enxágue, não houve retenção residual mensurável do Triton X-100 nas amostras.

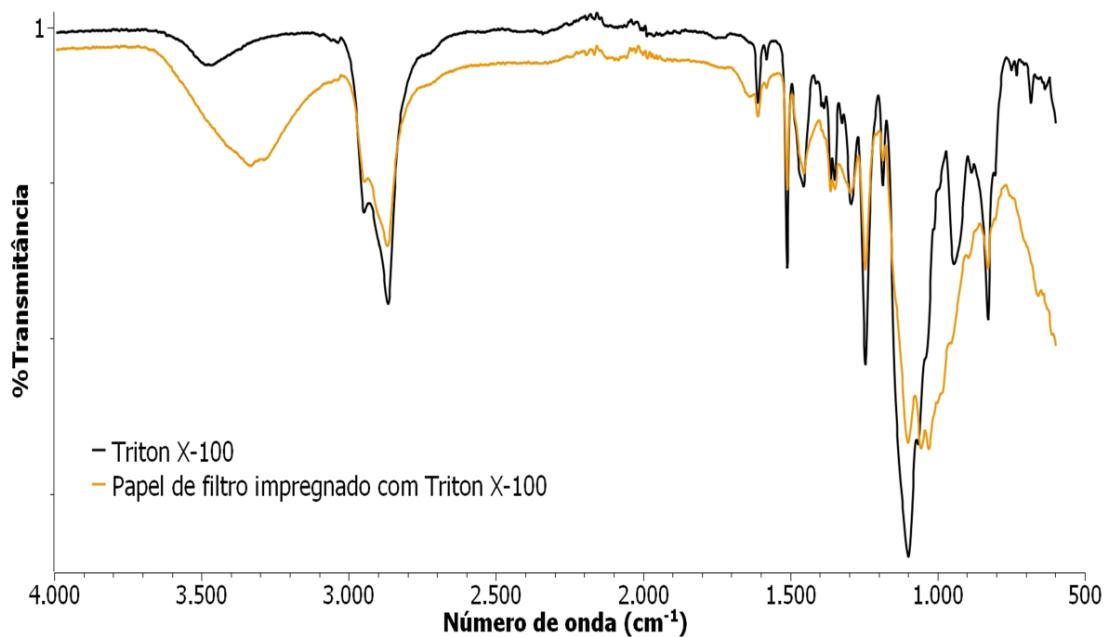
**Figura 35** – Espectros de FTIR para papel de filtro prístico, impregnado com lama e limpo com solução de Triton X-100 em diferentes tipos de água.



Fonte: Camilla Camargos, 2025.

Na Figura 36, a comparação entre o espectro do Triton X-100 puro e o do papel de filtro tratado com o surfactante revelou semelhança nas bandas em torno de  $2800\text{ cm}^{-1}$  (relacionadas ao estiramento C–H), mas diferenças marcantes na região de  $1000$  a  $1100\text{ cm}^{-1}$ , atribuídas à interação da solução com a matriz celulósica do papel. Essas bandas não são identificáveis nos demais papéis tratados.

**Figura 36** – Espectros de FTIR para papel de filtro impregnado com Triton X-100.



Fonte: Camilla Camargos, 2025.

## 4. APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS ESTUDADAS PARA O TRATAMENTO DE DOCUMENTOS AFETADOS POR LAMA

### 4.1 *Contextualização dos documentos históricos contemplados no estudo de caso*

Com base nos resultados obtidos nos ensaios experimentais, foram eleitas metodologias específicas de limpeza para aplicação em documentos contaminados por lama, considerando a eficiência das técnicas e a acessibilidade das soluções utilizadas. O objetivo foi empregar procedimentos tecnicamente adequados e, ao mesmo tempo, viáveis em contextos emergenciais, com foco na conservação de acervos atingidos por desastres envolvendo lama.

Foram selecionados dois documentos históricos pertencentes ao acervo da Comarca de Araçuaí, município localizado na região Nordeste de Minas Gerais, no Médio Jequitinhonha, a cerca de 678 km de Belo Horizonte. Araçuaí enfrentou sua primeira grande inundação em 1979 e voltou a ser severamente atingida em 2013, com cheias do Rio Araçuaí e do Córrego Calhauzinho, que causaram prejuízos significativos ao Centro Histórico e aos bairros vizinhos.

Os documentos de guarda permanente ficam armazenados sob custódia do Tribunal de Justiça de Minas Gerais, no acervo da Coordenação do Arquivo Permanente - COARPE/TJMG, localizado em um galpão no Município de Contagem, Minas Gerais, na região metropolitana da Grande Belo Horizonte. São documentos de Processos Judiciais do século XIX e XX. Os papéis que constituem os documentos são de matérias-primas e produções diferentes, sendo o documento do século XIX de papel de trapo e do século XX de papel de madeira.

Conforme mencionado, os objetos em papel possuem uma diversidade de materiais presente em uma única tipologia. Os manuscritos em estudo são constituídos de diferentes materiais, sendo um dos suportes feitos de papel de trapo e o outro de papel de fibra de madeira, além de apresentarem elementos sustentados como a tinta das escritas, carimbos e selos. As tintas são produzidas por uma gama de componentes como a tinta ferrogálica utilizada até início do século XX, “feita da mistura de sulfatos de ferro com a extração dos ácidos gálicos e tânicos presentes na galha de carvalho ou em outras espécies de árvores” (Viñas, 2012, p.87). Em meados do século XX houve a manufatura da tinta esferográfica produzida por resinas,

corantes e solventes ou tinteiro a base de água. Os outros materiais presentes nos documentos são os carimbos produzidos de pigmentos sintéticos e solventes (como a água) e os selos feitos de papel constituído de pigmentos, resina e adesivo. Portanto a limpeza nestes documentos precisa ser criteriosa para que os componentes presentes no papel não se danifiquem causando manchas/migração/sangramento das tintas e carimbos.

#### *4.2 Diagnóstico dos documentos contemplados no estudo de caso*

##### *4.2.1 Documento gráfico histórico do século XIX*

Esse documento manuscrito (Figura 37) é constituído de papel de trapo e costurado. O documento refere-se a um Inventário de Bens datado em 23 de setembro de 1879. Com medidas de 30,5cm de altura, 21,5 cm de largura e 1,0 cm de lombada e contém 12 cadernos bifólios com 34 foliotações e 10 folhas soltas.

O documento apresenta danos e lama presente (p. 1 a 33), rasgos (p. 1, 2, 31, 32 e 34) e no fundo de caderno (p. 1 e 27). O manuscrito foi escrito com tinta metaloácida/ferrogálica, e possui materiais distintos como - folhas soltas (recibos p. 8 e 15), vinco (p. 12), perda de suporte (p. 4, 11, 16 e 34), costura arrebentada, danos na lombada, dobras (p. 2, 3, 6, 8, 9, 10, 28, 31, 32, 33 e 34), capa solta, páginas grudadas pela lama (p. 12 e 13).

**Figura 37** – Fólios e bifólios do documento em papel de trapo afetado por lama.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

#### 4.2.2 Documento gráfico histórico do século XX

Esse documento manuscrito (Figura 38) foi produzido em papel de fibra de madeira e encontrava-se grampeado. O documento trata-se de uma Ação de Arrolamento- Inventário de Bens, datado em 15 de julho de 1910. Mede cerca 32,5cm de altura, 22,3 cm de largura e 0,5 cm de lombada, contém 8 cadernos bifólios com 21 foliação e 3 folhas soltas (recibos).

O documento apresenta danos e lama presentes (páginas 1 a 34), rasgos (páginas 1, 5, 13, 14, 18, 20 e 21), dobras (páginas 18, 20 e 21), grampo oxidado, ataque de animais xilófagos (páginas 1 a 15, 18, 20 e 21), perda de suporte (páginas 1 a 15, 18, 20 e 21), excrementos (páginas 1, 3 e 4). O manuscrito foi escrito com tinta metaloácida/ferrogálica, e possui diferentes tipos de materiais como recibos - folhas soltas (páginas 16, 17 e 19), selos (páginas 3, 4, 5 e 18) e carimbos (páginas 19 e 20).

**Figura 38** – Fólios e bifólios do documento em papel de madeira afetado por lama.



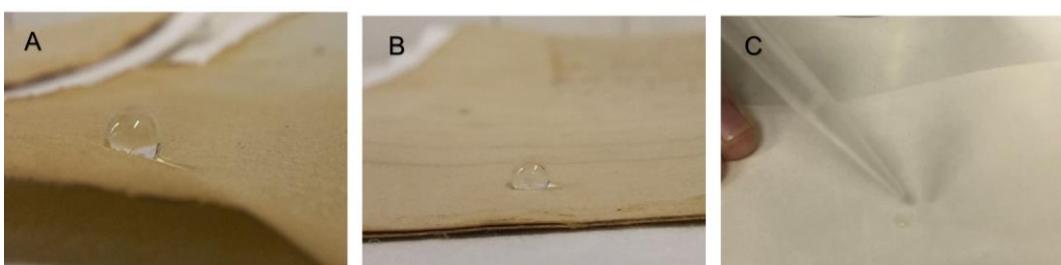
Fonte: Viviane Silva, 2025.

#### 4.3 Aplicação de tratamentos aquosos para a remoção de lama dos documentos históricos

Para a aplicação das metodologias de tratamento, considerou-se que: (1) Para o documento em papel de fibra de madeira (representando uma situação emergencial), foi adotada a abordagem com água filtrada, utilizando a técnica de plano inclinado. (2) Para o documento em papel de trapo (representando uma abordagem ideal), foi aplicada a solução composta por água destilada com Triton X-100, pela técnica de imersão com plano inclinado.

Os documentos de trapo estruturalmente possuem resistência mecânica maior em relação aos documentos produzidos a partir de fibra de madeira. Para testar o processo de molhabilidade entre os papéis durante o procedimento de banho, foi feita a aplicação de uma gota de água com volume de 5 µl sobre os papéis. No papel de trapo (Figura 39A), observou-se que a gota de água permanece na superfície por alguns minutos, mas começa a ser absorvida pelo substrato assim que o toca, o que indica alta afinidade e porosidade da superfície. No papel de fibra de madeira (Figura 39B), a gota permaneceu com ângulos de borda maiores do que 100º por muitos minutos, mantendo sua forma esférica com mínima disseminação, o que sugere baixa absorção e menor molhabilidade da superfície. Já no papel de filtro, a absorção foi imediata, com desaparecimento rápido da gota, evidenciando sua alta capilaridade e elevada absorção da água (Figura 39C).

**Figura 39** – Ensaio visual de molhabilidade dos papéis.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

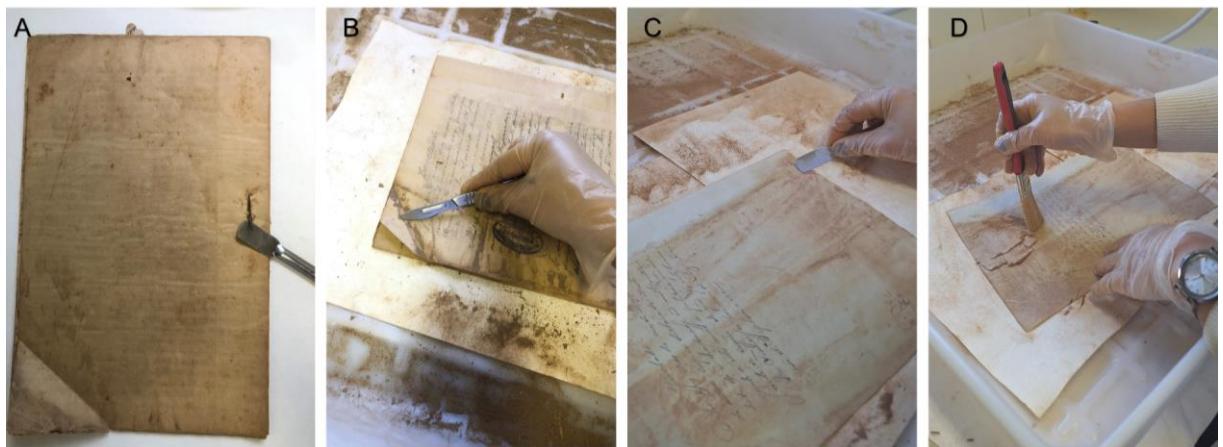
A= Gota no papel de trapo

B= Gota no papel de fibra de madeira

C= Gota no papel de filtro

Antes de iniciar o tratamento nos dois documentos, foi feito o processo de limpeza mecânica, com a raspagem da lama com bisturi, espátula e trincha macia. No papel de fibra de madeira foi removido um grampo que estava oxidado e no papel de trapo a linha da costura que estava arrebatada, (Figura 40). Em seguida, cada página dos documentos foi avaliada para analisar os diferentes materiais presentes, como: tintas, selos e carimbos. Os testes mostraram que os materiais não são solúveis em água.

**Figura 40** – Limpeza mecânica dos documentos, com raspagem e remoção de materiais adicionados.



**A= Remoção do grampo**

**B e C= Raspagem da lama**

**D= Remoção da lama**

Fonte: Viviane Silva, 2025

#### 4.3.1 Tratamento aquoso emergencial para remoção de lama em papel de fibra de madeira

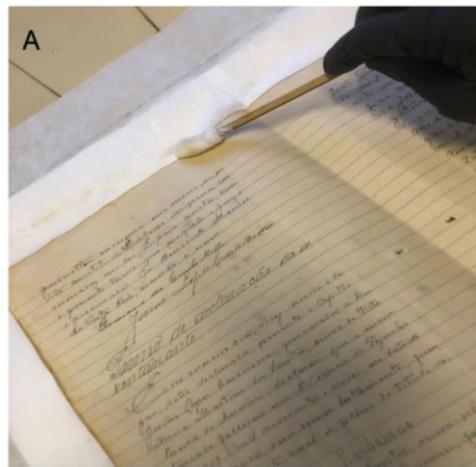
Para o tratamento emergencial, em que se priorizam técnicas e insumos de fácil acesso e de rápida aplicação para remoção da lama, foram consideradas como referência as metodologias testadas nos protótipos. Com base nesses resultados, a água filtrada foi a mais indicada, sendo a que apresentou melhor desempenho entre as opções acessíveis em situações de emergência e catástrofe.

Dentre os suportes analisados, o papel de fibra de madeira foi o que apresentou melhor resposta visual ao uso da água filtrada. Assim, para esse tipo de documento (século XX), optou-se pela técnica de limpeza em plano inclinado ou inclinação com a aplicação direta de água filtrada.

Em situações em que o volume de documentos contaminados for elevado, e a água filtrada não estiver prontamente disponível em quantidade suficiente, é possível utilizar água de torneira, desde que esta seja previamente filtrada por meio de dispositivos simples acoplados à torneira ou à mangueira. Isso é necessário porque, conforme demonstrado nos testes preliminares, a água de torneira apresentou presença de cloro e condutividade elétrica elevada, de 326 µS/cm, ainda que o pH fosse 6,0. Essas características podem interferir negativamente na estabilidade dos suportes, uma vez que há muita variabilidade dependendo das fontes da água potável e, especialmente, da situação do sistema hidráulico e do encanamento utilizado para fornecer a água. A presença de muitos íons metálicos e, ainda mais preocupantemente, de microrganismos deve ser também considerada.

Durante o tratamento, observou-se que algumas páginas do documento apresentavam pequena quantidade de lama superficial, na forma de pó seco, o que inicialmente levou à aplicação localizada com *swab* embebido em água filtrada, sem imersão. No entanto, áreas periféricas permaneceram com manchas visíveis (Figura 41). Diante disso, optou-se pela aplicação do banho completo em todos os fólios, garantindo uma limpeza mais uniforme e eficaz.

**Figura 41** – Limpeza do documento de papel de fibra de madeira com *swab* embebido em água filtrada.



A. Limpeza com *swab*

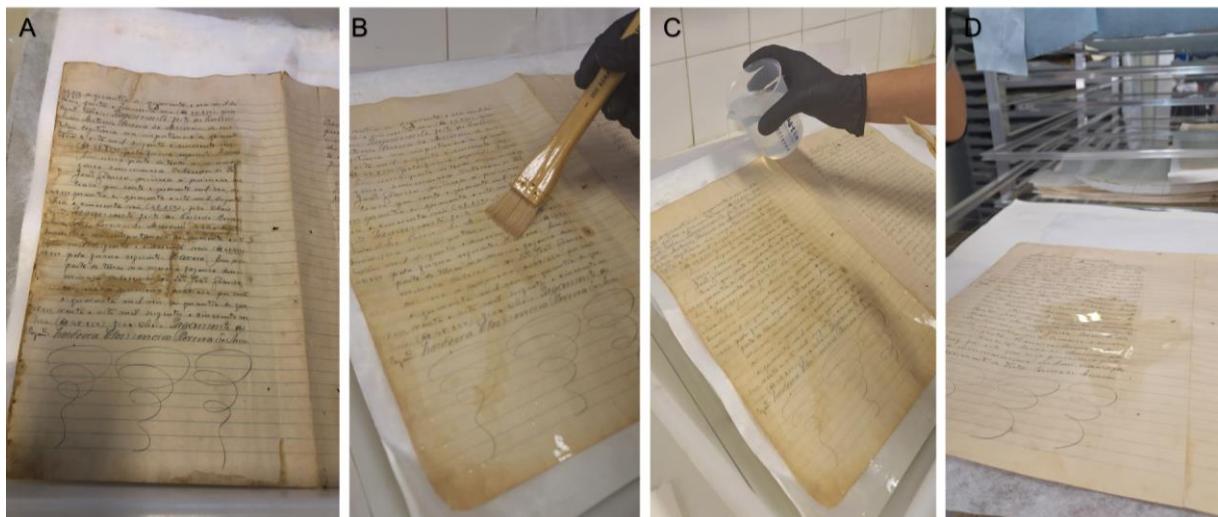


B. Manchas nas bordas

Fonte: Viviane Silva, 2025.

O documento em papel de fibra de madeira apresentava em algumas folhas resistência mecânica e em outras não, sendo necessário durante a limpeza um cuidado maior com aplicação da trincha de cerdas macias para evitar maior fragilização do suporte devido à água. Nas folhas com resistência mecânica, pouca lama e com objetivo de agilizar na remoção foi aplicada a técnica por imersão e nas folhas com fragilidade a técnica por plano inclinado ou inclinação. Para realizar a secagem, as folhas foram colocadas em uma secadora sobre um mata-borrão e entretela. As etapas de limpeza na (Figura 42)

**Figura 42** – Tratamento aquoso emergencial do documento em papel de fibra de madeira utilizando água filtrada.

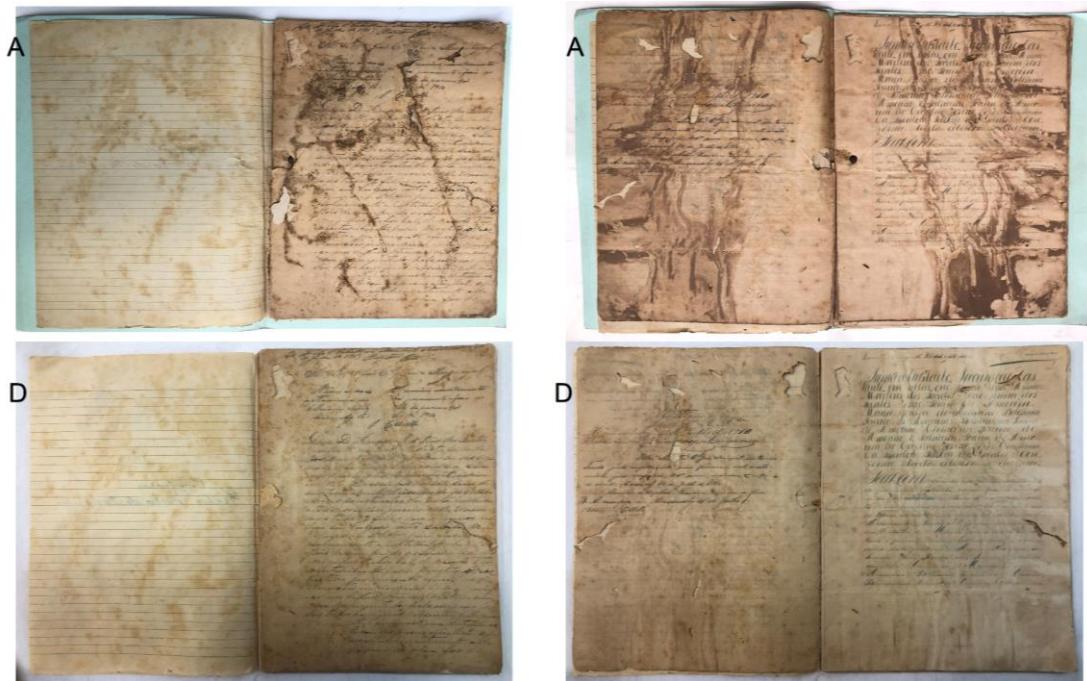


**A. Documento com lama B. Limpeza com trincha C. Despejando a água D. Documento na secadora**

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Os efeitos desse processo de remoção da lama do documento em papel de madeira utilizando água filtrada pode ser visualizado nas Figuras 43, 44 e 45.

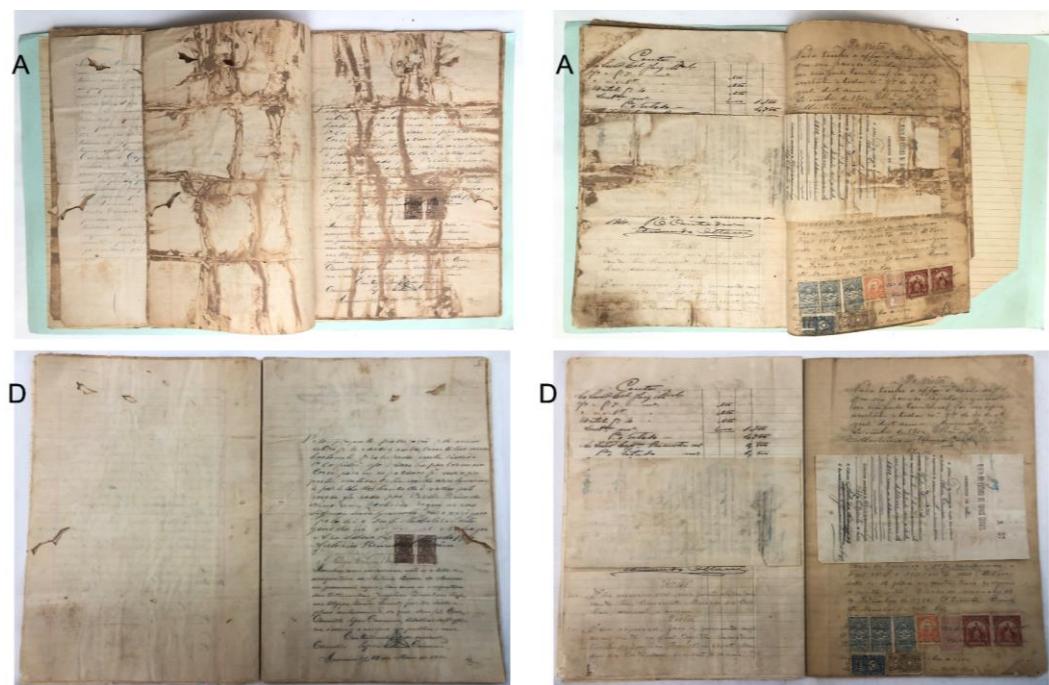
**Figura 43** – Documento em papel de madeira antes e depois tratamento aquoso emergencial utilizando água filtrada.



A= Antes da limpeza      D= Depois da limpeza

Fonte: Viviane Silva, 2025.

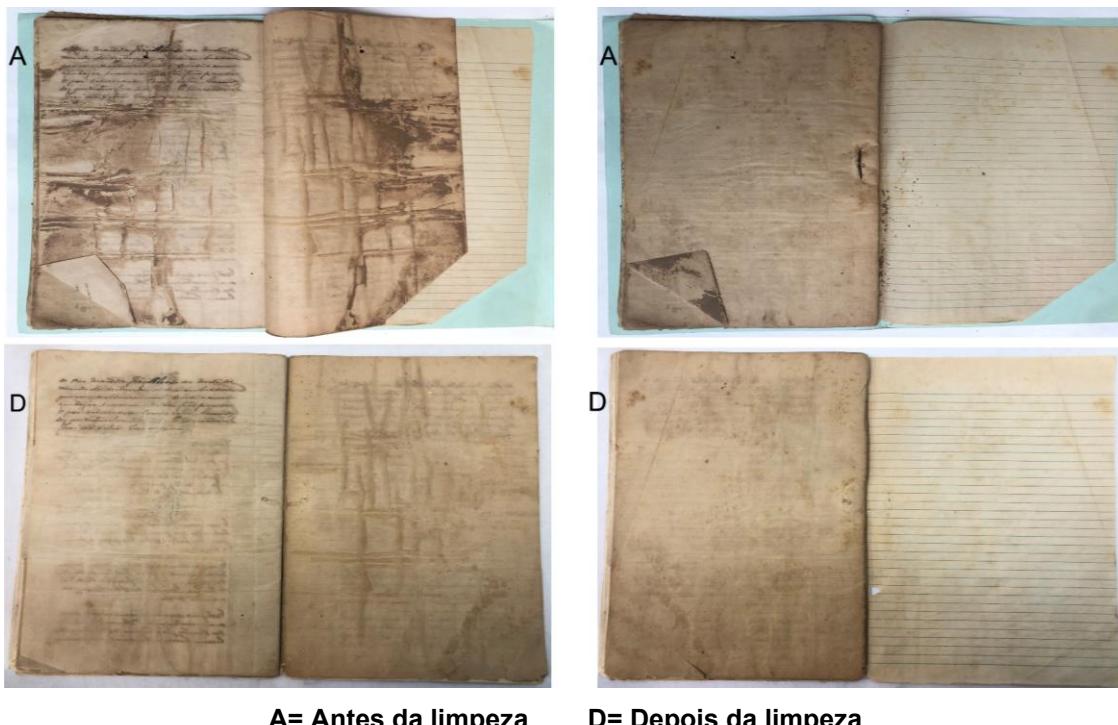
**Figura 44** – Documento em papel de madeira antes e depois tratamento aquoso emergencial utilizando água filtrada.



A= Antes da limpeza      D= Depois da limpeza

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 45** – Documento em papel de madeira antes e após tratamento aquoso emergencial utilizando água filtrada.



Fonte: Viviane Silva, 2025.

#### 4.3.2 Tratamento aquoso global (ou próximo à idealidade) para remoção de lama em papel de trapo

O tratamento global, como mencionado anteriormente, tem como objetivo realizar uma limpeza completa e metodologicamente estruturada, envolvendo múltiplas etapas e controle técnico rigoroso. Com base nos testes realizados em protótipos, a metodologia eleita foi a de imersão em solução aquosa diluída de Triton X-100, seguida da técnica de plano inclinado ou inclinação, aplicada ao papel de trapo (documento do século XIX).

Inicialmente, estava prevista a utilização exclusiva de água destilada, recomendada por sua baixa condutividade, pH neutro e ausência de sais residuais. No entanto, devido à dificuldade de acesso, optou-se por complementar o procedimento com água desmineralizada (deionizada). No total, foram utilizados 2,5 litros de água destilada disponíveis no laboratório e 20 litros de água desmineralizada.

Embora a água destilada possa ser considerada mais adequada sua pureza controlada sem grandes impactos no pH, a água desmineralizada utilizada apresentou condutividade elétrica de 0,09 µS/cm e pH 5,5, valores que podem ser considerados muito convenientes para rotinas de conservação-restauração, especialmente em tratamentos aquosos.

Durante o tratamento, verificou-se que alguns fólios apresentavam lama fortemente aderida à estrutura das fibras, consistentemente com as análises de molhabilidade realizadas previamente. Nessas áreas, além da aplicação da trincha de cerdas macias, empregou-se também uma esponja de borracha natural com estireno-butadieno, que possibilitou a remoção mais precisa dos resíduos sem comprometer a integridade do papel.

Ao contrário do documento em papel de fibra de madeira, que apresentava menor resistência à ação da água, o papel de trapo demonstrou maior estabilidade mecânica, permitindo a aplicação segura das técnicas aquosas e maiores tempos de exposição à água. O procedimento foi dividido em dois recipientes: (1) O primeiro foi utilizado para a imersão em solução diluída de Triton X-100, permitindo o amolecimento da lama; (2) O segundo foi montado com plano inclinado, onde se realizou a remoção controlada da lama com trincha e esponja, conforme demonstrado na Figura 46.

**Figura 46** – Tratamento aquoso global do documento em papel de trapo utilizando água destilada e desmineralizada.



A. Documento na solução de Triton X-100

B. Aplicação da trincha

C. Enxague para remoção da solução

D. Documento limpo

Fonte: Viviane Silva, 2025.

Após a limpeza, as folhas passaram pela etapa de secagem e planificação por pressão, sendo cada uma cuidadosamente envolvida por duas camadas de entretela e mata-borrão, e mantida sob peso apropriado (moderado), uniformemente estabelecido com uma chapa rígida de compósito de madeira, a fim de garantir a planificação e secagem gradual, evitando deformações. As folhas de mata-borrão foram trocadas após uma hora da realização da limpeza e novamente 24 horas após os procedimentos, quando os fólios e bifólios já se encontravam praticamente secos. Os resultados do tratamento podem ser visualizados nas Figuras 47, 48 e 49.

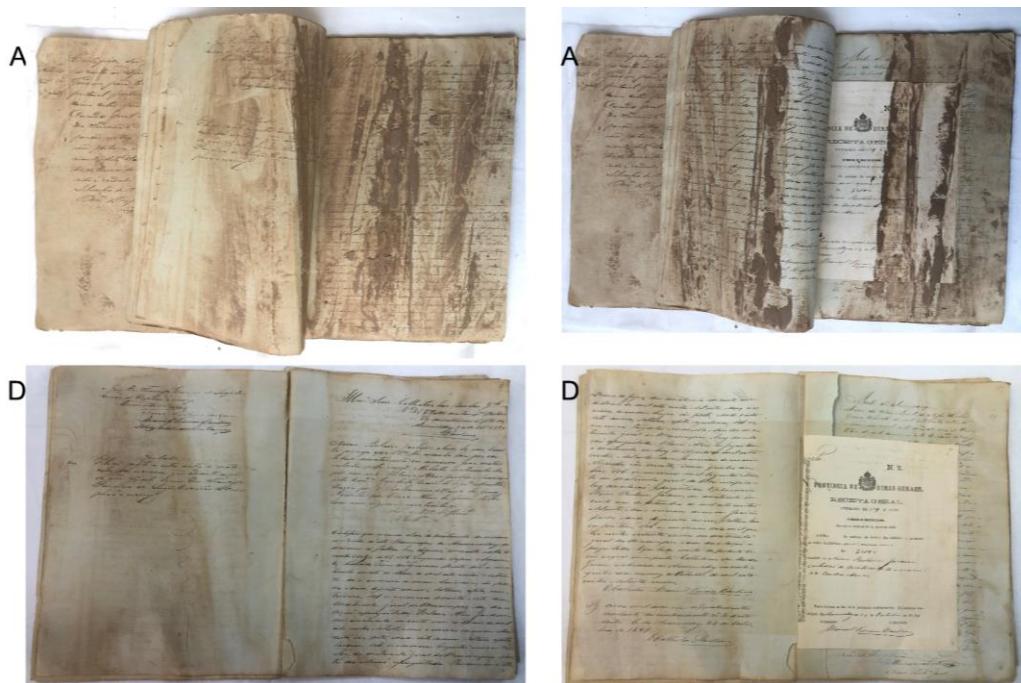
**Figura 47** – Documento em papel de trapo antes e depois de tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.



A= Antes da limpeza      D= Depois da limpeza

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 48** – Documento em papel de trapo antes e depois de tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.



A= Antes da limpeza      D= Depois da limpeza

Fonte: Viviane Silva, 2025.

**Figura 49** – Documento em papel de trapo antes e depois do tratamento aquoso global utilizando água destilada e desmineralizada.



A= Antes da limpeza      D= Depois da limpeza

Fonte: Viviane Silva, 2025.

## CONCLUSÃO

O estudo foi realizado para formular uma estratégia para abordar a proposta em questão, com o desenvolvimento de protocolos com técnicas e métodos de limpeza emergencial e global para documentos gráficos atingidos por lama. Este estudo demonstrou que é possível remover contaminantes de diferentes tipos de suportes de papel com segurança, sem comprometer sua integridade física ou legibilidade. O uso de água destilada e baixas concentrações de Triton X-100 demonstrou ser o mais eficaz e menos invasivo entre os métodos testados. A abordagem metodológica em que foi combinado com os protótipos de papel de trapo, papel de fibra de madeira e papel de filtro artificialmente contaminados e os documentos originais, permitiu uma melhor compreensão das interações entre lama, fibras de celulose e agentes de limpeza.

Os resultados obtidos foram apresentados com base em análises físico-químicas, morfológicas, colorimétricas e ópticas, visando compreender os possíveis efeitos que cada procedimento causaria na estrutura e na legibilidade dos documentos. Essas observações ajudaram a estabelecer critérios para a aplicação dos tratamentos nos documentos originais.

Foram apresentados também os tratamentos aplicados aos documentos originais da Comarca de Araçuaí, custodiados pelo TJMG, como estudos de caso para a aplicação do que se discutiu neste trabalho. A caracterização desses documentos foi detalhada em termos do tipo de suporte, técnica construtiva, materiais constituintes e danos identificados, bem como a escolha das metodologias aplicadas, com base nos resultados obtidos experimentalmente com os protótipos, que indicaram boa performance para o uso da água destilada aditivada com um surfactante neutro, se disponível, ou, ainda, com água filtrada, mais acessível e abundantemente disponível.

Por fim, também foram descritos os protocolos específicos elaborados para cada tipo de documento tratado, considerando a tipologia de papel encontrada (papel de trapo ou papel de polpa de madeira), com práticas emergenciais ou globais que podem ser criteriosamente adaptadas e aplicadas em arquivos e instituições que enfrentam desafios semelhantes às diferentes realidades institucionais e contextos de calamidade. As metodologias descritas têm como objetivo e proposta auxiliar e

fornecer suporte técnico e orientação aos responsáveis pela preservação documental, de forma a intervir adequadamente, em casos de situações emergenciais ou quando introduzido por meio de procedimentos mais completos e minuciosos durante o tratamento de documentos afetados por lama.

O presente estudo pode representar um passo significativo no sentido de consolidar abordagens metodológicas aplicáveis à realidade brasileira, evidenciando o potencial da pesquisa em conservação-restauração para responder a cenários de emergência com base em evidências científicas experimentais. No entanto, ressalta-se a necessidade urgente de aprofundamento sistemático desse campo, por meio de publicações consolidadas em língua portuguesa, que articulem de forma mais direta os desafios enfrentados por instituições brasileiras. A escassez de literatura técnica acessível em português, especialmente voltada às especificidades locais de clima, infraestrutura e tipologia documental, ainda constitui uma lacuna no cenário do Patrimônio Cultural brasileiro. É fundamental que os conhecimentos produzidos sejam difundidos em estudos de caso contextualizados, permitindo a validação e adaptação de metodologias experimentais a situações reais, fortalecendo assim a autonomia técnica e a capacidade de resposta das equipes de preservação atuantes no país.

## REFERÊNCIAS

- ALMADA, Márcia; BOJANOSKI, Silvana. **Glossário ilustrado de conservação e restauração de obras em papel: danos e tratamentos.** Português, espanhol, inglês, grego. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012. E-book. DOI: [10.52884/eft-gloscon.001](https://doi.org/10.52884/eft-gloscon.001).
- AMARAL, Luiza Batista; CAMARGOS, Camilla Henriques Maia de. **Ponderações sobre o branqueamento em processos de restauração de papel: um panorama químico e teórico do procedimento.** Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, São Paulo, v., p. 1-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/1982-02672024v32e39>
- AMARAL, Maycon Felipe da Silva. **Livro de Juramentos dos Excelentíssimos Desembargadores: intervenções de conservação e restauração em um documento encadernado de 1874.** Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camilla Henriques Maia de Camargos. 2024. 98 p.: Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2024.
- ANDRADE, Hanna Fedra Carvalho de. **Arquivos Permanentes: um estudo sobre as formas ideais de acondicionamento e uma proposta de adequação para o Acervo Histórico Processual do Arquivo Permanente do TJMG.** 2022. 18 p.: Trabalho de conclusão de curso em Arquivologia (obtenção do título em Arquivologia). Faculdade Dom Alberto. Ibirité, Minas Gerais. 2022.
- ARAÇUAÍ - NOSSA HISTÓRIA, NOSSA ORIGEM. **Prefeitura Municipal de Araçuaí, Minas Gerais.** Disponível em: <https://www.aracuai.mg.gov.br/a-cidade/historia>. Acesso em: 27 dez. de 2024.
- ARQUIVO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (APERS). **Nota técnica sobre salvamento e recuperação dos documentos estaduais atingidos pelas enchentes em 2024.** 2024, p.20. Disponível em: <https://www.apers.rs.gov.br/upload/arquivos/202407/08141514-nota-tecnica-salvamento-recuperacao-documentos-atingidos-enchentes.pdf> Acesso em: 7 de jan. 2025.
- CAMARGOS, Camilla H.M.; POGGI, Giovanna; CHELAZZI, David; BAGLIONI, Piero; REZENDE, Camila A. **Protective Coatings Based on Cellulose Nanofibrils, Cellulose Nanocrystals, and Lignin Nanoparticles for the Conservation of Cellulosic Artifacts.** 2022. Artigo. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsanm.2c02968>. Acesso em: 19 jan. 2025.
- CAMPOS, Edison da Silva; FOELKEL, Celso. **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** São Paulo: ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2017. p.228 Disponível em: [https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017\\_Livro\\_EvolucaoTecnologica\\_Celulose\\_Papel\\_Brasil.pdf](https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf). Acesso em: 15 maio 2025.
- CHAN, Jason C.; PALMER, Peter T. **Determination of calcium in powdered milk via X-ray fluorescence using external standard and standard addition based methods.** Journal of Chemical Education, Washington, v. 90, n. 9, p. 1218–1221, 2013. DOI: 10.1021/ed4001975.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA: GUIA DEFINITIVO. Navegue pelo mundo da condutividade elétrica com o nosso Guia Definitivo. **Digital Water.** Disponível em: [https://www.digitalwater.com.br/condutividade-eletrica-guia-definitivo/?srsltid=AfmBOopfdSTm9Tu40WYCAL2zrbHSPSngJ9rfOV3X2Imt0iJB2uJiw\\_g](https://www.digitalwater.com.br/condutividade-eletrica-guia-definitivo/?srsltid=AfmBOopfdSTm9Tu40WYCAL2zrbHSPSngJ9rfOV3X2Imt0iJB2uJiw_g). Acesso em: 07 jun.2025.

DANI, Norberto, REMUS, Marcus Vinicius, RIBEIRO, Rafael e JOB, Juliana. **De onde vem tanta lama das enchentes no RS?** UFRGS - Jornal da Universidade. 2024. Artigo. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/jornal/de-onde-vem-tanta-lama-das-enchentes-no-rs>. Acesso em: 27 dez. 2024.

FIGUEIREDO JUNIOR, João Cura D'Ars. **Química aplicada à conservação de bens culturais: uma introdução.** Belo Horizonte: São Jerônimo, 2012.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013. p.150 Disponível em: [https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files/mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files/mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 04 maio 2025.

HIXEL. **Conheça as diferenças entre lama, lodo e sedimento.** Allonda. 2017. Gestão de resíduos. Disponível em: <https://allonda.com/blog/sustentabilidade-pt/conheca-as-diferencias-entre-lama-lodo-e-sedimento/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

HOLLÓS, et al. **Recomendações para o resgate de acervos arquivísticos danificados por água.** 2012. Rio de Janeiro, p. 20. Disponível em: <https://dhg1h5j42swfq.cloudfront.net/2016/02/20152001/Recomenda%C3%A7%C3%A9es-para-Acervos-Danificados-pela-Aqua.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2025.

HUNTER, Dard. **Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft.** New York: Dover Publications, 1978.

MATSUDA, Koichi. **Washi, o papel artesanal.** São Paulo: Aliança Cultural Brasil-Japão, 1994.

Musée du Louvre. **La technique de fabrication du papier-** Musée de Louvre [EN/ES],2019. 1 vídeo (8:18 min). Disponível em: <https://youtu.be/1JWopSApmpE>. Acesso em: 12 jun. 2025.

NAZARIO, Luiz. **Os Anjos da Lama.** Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 778–801, Janeiro-2021. DOI: [10.35699/2316-770X.2020.2069](https://doi.org/10.35699/2316-770X.2020.2069) Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadufmg/article/view/20692>. Acesso em: 16 jun. 2025.

O QUE É CLORO LIVRE E CLORO TOTAL? QUAL A DIFERENÇA?. **SPLabor-Equipamentos e Acessórios para Laboratórios.** [sd]. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/blog/equipamentos-para-analise-de-agua/o-que-e-cloro-livre-e-cloro-total-qual-a-diferenca/>. Acesso em: 08 jun. 2025

HUMMERT, Eva; PATAKI-HUNDT, Andrea. Technical Note: **Ultrasonic Cleaning of Mud Encrustations from Flood Damaged Woodcuts.** Köln, Germany. p.11. 2010. DOI: 10.1515/rest.2010.004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/249945076>. Acesso em: 23 jun 2025

PURO. Faixa de condutividade das águas. **Apure Instruments**. 2025. Disponível em: [https://apureinstrument-com.translate.goog/blogs/water-conductivity-range/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://apureinstrument-com.translate.goog/blogs/water-conductivity-range/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc). Acesso em: 07 junho de 2025.

SANTOS, Bárbara Souza. **O contemplar de um Rio das Araras Grandes: Araçuaí e sua cultura**. 2016. Artigo. Curso de Jornalismo. Universidade Anhembi Morumbi, UAM. São Paulo. Revista do Instituto de Ciências Humanas - Nº 15, vol. 12, 2016. p.: 40 - 56. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/revistaich/article/view/9345>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SENGIK et al. **Os coloides do solo**. Artigo. Maringá, Paraná. 2003. p.18. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/coloides-2003.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025

SOUZA, Diego. **Prefeitura de Araçuaí decreta situação de emergência após fortes chuvas**. 2013. G1 Grande Minas. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2013/12/prefeitura-de-aracuai-decreta-situacao-de-emergencia-apos-fortes-chuvas.html>. Acesso em: 27 dez. 2024.

TIAN et al. **Property of mud and its application in cosmetic and medical fields: a review**. National Library of Medicine. Bethesda, em Maryland, EUA. Dec. doi: 10.1007/s10653-022-01228-6. Epub 2022 Mar 7. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35254605/>. Acesso em: 18 jun. 2025

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS (TJMG). **Gestão de Documentos TJMG**. Belo Horizonte: Centro de Publicidade e Comunicação Visual - CECOV, Coordenação de Mídia Impressa e Eletrônica - COMID. 1. ed. p. 29. Disponível em: <https://www.tjmg.jus.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A80E40A5FCB9E4B016007C9DB5C5698>. Acesso em: 8 jan. 2025

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS (TJMG). **Manual de Contingência: prevenção, monitoramento e atuação em caso de sinistro nos acervos arquivísticos do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais - TJMG**. Belo Horizonte: Gerência de Jurisprudência e Publicações Técnicas - GEJUR/DIRGED Coordenação de Publicação e Divulgação da Informação Técnica - CODIT. 2021. 1. ed. p. 69. Disponível em: [http://ejef.tjmg.jus.br/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-17\\_Cartilha\\_Plano\\_de\\_Contingencia.pdf](http://ejef.tjmg.jus.br/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-17_Cartilha_Plano_de_Contingencia.pdf). Acesso em: 20 jun. 2025

TRITON X-100. **Prolab. Materiais para laboratórios**. [sd]. Disponível em: <https://www.prolab.com.br/produtos/biologia-molecular/ultrapuros/triton-x-100-suflactante-anionico-500ml/>. Acesso em: 16 jun. 2025

VAN DEN BURG, Julia M.; SEYMOUR, Kate. **Dirt and Dirt Removal (Dry and Aqueous Cleaning): Paintings Conservation - Part 1**. Amersfoort: Cultural Heritage Agency of the Netherlands; SCI – Foundation for Cultural Inventory, 2022. p.76

VIDRO BOROSSILICATO. **Vidrak. Visores de vidros industriais**. [sd]. Disponível em: <https://www.vidrak.com.br/vidro-borossilicato>. Acesso em: 14 jun. de 2025.

VIÑAS, Salvador. Los baños y la humectación. In: **La restauración del papel**. Madrid: Editorial Tecnos, 2010, p. 265. PDF.