INFORMAÇÃO & INFORMAÇÃO
DOI: 10.543/1981-8920.2026v31n3p1
eISSN 1981-8920

Efeitos da exposição à luz na degradação de diferentes tipos de papel

um estudo experimental

Jordana da Costa Teixeira Lira

Mestra em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pesquisadora no Laboratório de Tecnologia para o Conhecimento (LIBER/UFPE), Recife, Brasil.
jordana.teixeira@ufpe.br

Vildeane da Rocha Borba

Doutora em Comunicação e Informação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora do Departamento de Ciência da Informação da Universidade Federal de Pernambuco (DCI/UFPE) e pesquisadora do Laboratório de Tecnologia para o Conhecimento (LIBER/UFPE), Recife, Brasil.
vildeane.borba@ufpe.br

Májory Karoline Fernandes de Oliveira Miranda

Doutora em Informação e Comunicação em Plataformas Digitais/Ciência da Informação pela Universidade do Porto (FLUP). Professora Associada do Departamento de Ciência da Informação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Brasil.
majory.oliv@ufpe.br

Resumo

Objetivo: Investiga os efeitos da exposição à luz solar, LED branca e de LED amarela sobre papéis de algodão, sulfite, jornal e uma folha de guarda de jornal datada do século XX, e sua relação com a preservação de documentos. **Metodologia**: A pesquisa teve o caráter quali quantitativo, quanto aos meios foi um estudo exploratório e pesquisa bibliográfica e quanto aos fins foi uma pesquisa descritiva. Utilizou o método experimental e como técnica de coleta de dados a observação. O tempo de exposição foi de 14 meses compreendendo 31/03/2025 a 31/05/2026. **Resultados**: A exposição à luz solar apresentou os efeitos mais severos, provocando amarelecimento acentuado, oxidação, ressecamento, fragmentação das fibras. A luz LED branca provocou alterações moderadas, caracterizadas principalmente por oxidação localizada em alguns materiais. A luz LED amarela apresentou os menores níveis de degradação observados durante o período experimental, com alterações predominantemente microscópicas e pouco perceptíveis em escala macroscópica. O papel jornal revelou-se o material mais vulnerável à oxidação e ao amarelecimento, enquanto a folha de guarda histórica apresentou intensa degradação física, manifestada por ressecamento, perda de flexibilidade e fragmentação estrutural. O papel de algodão demonstrou maior estabilidade frente ao envelhecimento induzido pela luz. O papel sulfite, embora menos suscetível ao amarelecimento, apresentou maior predisposição ao desenvolvimento de colônias fúngicas. **Conclusões**: O controle da exposição luminosa, associado ao monitoramento da

temperatura, da umidade relativa do ar e das condições de armazenamento, constitui uma medida indispensável para retardar os processos de degradação e ampliar a longevidade dos suportes de memória.

Descritores: Preservação de documentos. Conservação preventiva. Degradação de papéis. Exposição a luz.

Recebido em: 29.06.2026 | **Aceito em**: 31.08.2026

1 Introdução

A preservação da memória coletiva e histórica é um dos pilares fundamentais para a continuidade da cultura e do conhecimento humano. Essa memória não se mantém apenas nas lembranças dos indivíduos, mas encontra suporte em registros materiais, especialmente nos documentos em papel, que funcionam como mediadores entre o passado e o presente.

O papel, como suporte de armazenamento da informação, transforma-se em um depósito de memória, ao contribuir para permanência do conhecimento e possibilitar a reconstrução das narrativas históricas e sociais. Halbwachs (2006) explica que memória é uma manifestação coletiva, originada das interações sociais que representa um elo fundamental entre o passado, o presente e o futuro. Para Halbwachs (2006), lembrar não é um ato totalmente pessoal, pois nossas lembranças são influenciadas pelas pessoas e pelo meio em que vivemos. Quando buscamos rememorar um acontecimento muitas vezes necessitamos do auxílio de outras pessoas.

Tratando-se das memórias de uma nação, associadas a acontecimentos anteriores ao nascimento dos indivíduos, a confiança é depositada inteiramente em fontes externas para a rememoração (ou o conhecimento) dos fatos. Tais vetores estendem-se desde a tradição oral até os registros escritos.

Além do registro de informações, o papel possibilita o registro das marcas do contexto social, político e cultural de sua produção, conferindo-lhes valor como testemunhos históricos assim como artefatos de identidade individual e/ou coletiva. Entretanto, a preservação desse legado documentado enfrenta desafios e vulnerabilidades diante de agentes externos.

Desde sua invenção, o papel desempenhou a função crucial de veículo de memória, sendo o suporte mais usado para os depósitos históricos, científicos e

artísticos. Mas sendo um material orgânico, o papel é suscetível à ação de fatores ambientais, entre eles, a luz promovendo mudanças químicas e físicas que comprometem sua integridade e sua função como suporte de memória e informação a longo prazo.

A exposição prolongada a diferentes tipos de luz como: solar, de LED branca ou de LED amarela, pode acelerar os processos de manipulação, como o amarelecimento[1], o enfraquecimento das fibras e a alteração do pH, impactando diretamente na legibilidade e na durabilidade desses documentos.

Nesse sentido, a preservação da memória e da informação no suporte papel torna-se uma tarefa essencial para instituições como bibliotecas, arquivos e museus, que são responsáveis por custodiar parte significativa do patrimônio documental da humanidade. No entanto, desenvolver a preservação documental e estratégias de conservação exige um entendimento detalhado sobre como os diferentes fatores ambientais interagem com os diversos tipos de papel. E dentre eles, compreender o impacto da luz em papéis específicos, permite que os profissionais da área adotem práticas preventivas e intervenções mais precisas para mitigar os danos e contribuir na ampliação da vida útil desses materiais.

É exatamente por isso que a preservação de documentos, do ponto de vista acadêmico, transcende a questão técnica e assume um papel fundamental no acesso à informação e à memória. Quando os suportes se degradam, não apenas a materialidade do documento é comprometida, mas também a narrativa histórica que ele carrega. Nesse contexto, a luz pode ser vista não apenas como um agente físico de alteração, mas também como uma força simbólica que influencia o "discurso" preservado nesses materiais. Alterações na textura, na cor ou na composição química do papel têm implicações diretas na maneira como essas informações serão disponibilizadas, disseminadas e interpretadas pelas gerações futuras.

Assim o presente estudo se insere nesse panorama e tem como objetivo geral investigar os efeitos da exposição à luz solar, LED branca e de LED amarela sobre papéis de algodão, sulfite, jornal e uma folha de guarda de jornal datada do século XX, e sua relação com a preservação de documentos. Espera-se que o estudo indique quais tipos de luz causam maior degradação em cada tipo de papel, permitindo o

[1] “Alteração da cor do papel, em geral em decorrência da degradação da lignina e celulose causada pela oxidação, hidrólise e reação fotoquímica” (Bojanoski; Almada, 2021, p. 22).

desenvolvimento futuro de estratégias de proteção específicas para materiais bibliográficos.

2 Informação, memória e luz: a preservação documental como salvaguarda da memória coletiva

A relação entre informação, memória e luz constitui um eixo fundamental para compreender os impactos da exposição luminosa sobre suportes documentais e patrimoniais. A luz, enquanto agente físico, interage com os materiais de diferentes formas, alterando sua composição e, por conseguinte, modificando as condições de preservação da memória registrada nesses suportes. No âmbito da Ciência da Informação, o conceito de informação transcende sua materialidade, relacionando-se diretamente com a memória coletiva. Assim, a preservação das informações registradas não se dá apenas por meio da segurança dos suportes, mas também pela compreensão das dinâmicas de transmissão e manipulação da informação que afetam a memória coletiva.

Candau (2011) ao taxonomizar as manifestações da memória individual ele as classifica em protomemória (a memória de baixo nível, gravada no corpo e que não necessita consciência pra ser usada), memória de alto nível (é a memória consciente a qual pensamos para usar, seja um conhecimento aprendido ou a lembrança de um ente querido) e metamemória (é a representação que cada indivíduo faz da própria memória), no momento nos concentraremos na protomemória, onde encontramos “[...] os saberes e as experiências mais resistentes e mais bem compartilhadas pelos membros de uma sociedade [...]” (Candau, 2011, p. 22).

Esse conceito é fundamental para a Ciência da Informação, pois indica que a memória não se limita ao plano da representação: ela depende da materialidade da inscrição. O corpo, assim como o papel e outros suportes, funciona como espaço de registro antes mesmo de assumir a forma de um “documento” formal. Tal como o papel preserva marcas físicas produzidas por processos materiais (variações de luz, pH, envelhecimento), o corpo conserva gestos, hábitos e esquemas incorporados ao longo da experiência. Ambos atuam como depósitos de memória, ainda que em naturezas distintas.

Se não dispuséssemos desses suportes materiais de memória, nossa

capacidade de reconstruir eventos históricos se tornaria limitada. Dependentes apenas da oralidade e das lembranças individuais, sempre sujeitas a lacunas, imprecisões e esquecimentos, perderíamos grande parte das referências que estruturam a memória coletiva. A questão central, então, diz respeito ao valor desses suportes e à forma como determinados registros se transformam, com o tempo, em elementos significativos da memória social.

Em relação à Informação, utilizamos a proposta teórica de Buckland (1991) que dispõe sobre três formas de compreender a informação: como conhecimento, como processo e como coisa. A informação como conhecimento é intangível, situada no campo das ideias e do saber incorporado. A informação como processo refere-se ao ato de comunicar-se e de modificar o que se conhece, "[…] quando alguém é informado, aquilo que conhece é modificado […]" (Buckland, 1991, p. 1). Já a informação como coisa é a manifestação tangível da informação, aquela que se encontra inscrita em um suporte material. Assim, "[…] qualquer expressão, descrição ou representação seria 'informação-como-coisa'" (Buckland, 1991, p. 2). Ou seja, um livro, um vídeo, uma partitura, um jornal, uma cerâmica, todos são informação como coisa.

Neste estudo, abordamos especialmente a informação como coisa, compreendida como a inscrição material do conteúdo em um suporte. É essa dimensão física da informação que permite a estabilização e a circulação social da memória coletiva. Sem inscrição, o esquecimento ocorre com maior facilidade, e a disseminação da informação se torna limitada. A informação poderia se compreendida, portanto, como aquela que fixa a memória em um suporte; com a informação inscrita, possuímos diversas possibilidades de tornar a memória compartilhável.

E finalmente abordamos a luz nesse contexto em relação à memória e à informação. Ela atua como um agente físico sobre o lugar da inscrição informacional; afeta a materialidade da informação, degradando o suporte (como o papel), comprometendo a legibilidade e, consequentemente, influenciando também as formas de memória. A luz não apaga apenas o papel, ela apaga o conteúdo registrado no papel, portanto, a informação que estava ali materializada. É, portanto, um vetor de entropia informacional.

Segundo Cassares e Petrella (2003) poderíamos definir luz como uma forma

de energia eletromagnética denominada radiação originada de uma fonte energética como o sol e as lâmpadas. “Chamamos de radiação ao processo de propagação de calor no qual a energia, denominada radiante, apresenta-se sob forma de ondas eletromagnéticas” (Cassares; Petrella, 2003, p. 178).

A luz pode ser entendida segundo sua natureza, que atualmente, admite-se sendo de caráter dual. Embora diversos fenômenos sejam explicados pela teoria ondulatória, (de que a luz se comporta como onda) confirmada por Thomas Young e Augustin Fresnel que conseguiram medir o comprimento de uma onda e demonstraram que a propagação retilínea da luz e os efeitos de difração só podem ser explicados pela teoria ondulatória, ela não conseguia justificar o efeito fotoelétrico, caracterizado pela emissão de elétrons quando a luz incide sobre um condutor.

Para compreender os efeitos que a luz pode ocasionar precisamos entender alguns conceitos sobre como ela age sobre as coisas e seus fenômenos. A começar pelos corpos luminosos e corpos iluminados Courrol e Preto (2011) afirmam que, um corpo luminoso produz luz própria como o sol, lâmpadas e velas já um corpo iluminado só emite luz e ficam visíveis depois dessa luz incidir sobre eles vinda de algum corpo luminoso como a lua, um livro e nós os seres humanos. E dependendo da quantidade de luz que deixam passar os corpos iluminados ou meios sobre os quais a luz incide podem ter três classificações: 1) meios transparentes - são aqueles que deixam passar a luz em trajetórias regulares e nos permitem observar objetos através deles. Como por exemplo a água, ar e vidro comum. 2) meios translúcidos - são aqueles que deixam a luz passar em trajetórias irregulares onde só nos permite enxergar os contornos dos objetos através deles, como por exemplo o papel vegetal. 3) e meios opacos - são os que não permitem a passagem de luz como a madeira, o chumbo e o ferro.

Nesse contexto, o papel comum usado em documentos e livros se caracteriza em meios opacos a não ser quando são postos sobre uma fonte de luz forte, nesse momento se tornam meios translúcidos.

A luz visível, ao interagir com os materiais, pode ser refletida, absorvida ou transmitida, dependendo da estrutura molecular e da composição do suporte. A absorção de fótons energéticos por compostos celulósicos, por exemplo, pode levar à

manipulação da estrutura do papel, tornando-o quebradiço e facilitando sua oxidação[2]. Esse efeito é potencializado pela presença de impurezas químicas no papel, como partículas metálicas que reagem com a radiação luminosa (Cassares; Petrella, 2003).

A interconexão entre luz, memória e informação revela um campo de estudo que transcende a conservação documental e adentra questões epistemológicas fundamentais. A materialidade dos registros não é apenas um suporte para a informação, mas um componente ativo na construção da memória coletiva.

Desse modo, a preservação documental é também uma preservação da informação e, por consequência, da memória coletiva. Quando um documento é danificado pela ação da luz, ocorre uma ruptura na cadeia informacional, pois as condições de leitura, interpretação e transmissão da memória são comprometidas.

3 Metodologia

Esta pesquisa teve o caráter quali quantitativa, quanto aos meios foi um estudo exploratório e pesquisa bibliográfica e quanto aos fins foi uma pesquisa descritiva. Utilizou o método experimental e como técnica de coleta de dados a observação (Michel, 2015).

A pesquisa quali-quantitativa combina o paradigma quantitativo (objetividade) com o interpretativo (subjetividade) para propiciar uma compreensão mais profunda do objeto de estudo (Michel, 2015). Dessa forma, este estudo investiga os efeitos da exposição a três diferentes fontes de iluminação (luz solar, LED branca e LED amarela) em quatro tipos de papel (algodão, sulfite, jornal e uma folha de guarda de jornal datada do século XX). Esse arranjo gera doze combinações distintas que, quando analisadas à luz de outras variáveis, permitem tecer diversas considerações qualitativas.

O método experimental foi adotado para verificar as alterações visíveis no papel decorrentes da exposição a diferentes tipos de luz, abrangendo distintos tipos de papéis e condições de iluminação. Foram utilizadas três amostras de papel novo, recém-adquiridos: algodão, sulfite e jornal, além de uma folha de guarda de um jornal antigo datado do século XX. As amostras foram selecionadas nas dimensões de 5 cm

[2] “Reação química das substâncias ou materiais. Nas obras em papel, desencadeia um processo de degradação do papel ou das tintas” (Bojanoski, 2018, p. 14).

× 5 cm e dispostas sobre um suporte revestido com Etil Vinil Acetato (EVA), no interior de um aquário de vidro, nas dependências de um Laboratório de pesquisa e em salas de uma universidade.

Os materiais utilizados se pautaram em aquário de vidro, iluminações LED fluorescente branca e LED G45 amarela, papéis de algodão, sulfite, jornal, folha de guarda de jornal, Termo higrômetro, medidor de luz e microscópio. O período de exposição compreendeu as datas de 31/03/2025 a 31/05/2026 isto é, considerou-se o tempo total de exposição de 14 meses.

Foram geradas três amostras iguais, com pedaços do papel de algodão, sulfite, jornal e uma folha de guarda de jornal datada do século XX de tamanho 5cm x 5cm, sobre suporte dentro de um aquário de vidro, posicionadas em diferentes lugares: a primeira amostra foi colocada na parte interna do laboratório de pesquisa com a incidência da Luz LED branca, que permaneceu acessa durante o horário comercial do laboratório, isto é, das 7h20min às 18h.

A segunda amostra foi posicionada do lado externo da janela do laboratório de pesquisa, com a incidência da luz solar, sendo o horário determinado pelo período em que o sol incidia diretamente sobre a amostra, tal período abrange o intervalo das 5h às 18h. E a terceira amostra que foi posicionada em sala fechada de uma universidade, com a incidência da luz LED amarela, mantida em um abajur, ficando exposta 24 horas durante os 14 meses.

Ressalta-se que todas as amostras foram submetidas à incidência luminosa direta (luz solar, LED branca e LED amarela), não tendo sido utilizado grupo controle protegido da luz (câmara escura) neste delineamento experimental.

Os parâmetros de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade aos quais as amostras foram submetidas foram registrados por meio de médias. A coleta de dados combinou os relatórios climáticos da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento, e medições diretas e simultâneas de temperatura (°C) e umidade (%), obtidas por meio de um termo-higrômetro digital.

Tabela 1 – Dados ambientais

TIPO DE ILUMINAÇÃO	TEMPERATURA IN	TEMPERATURA OUT	UMIDADE	LUMINOSIDADE
Led Branca	28,3	27,5	49%	735,2

Led Amarela	27,5	27,5	64%	342,2
Luz do Sol	27,3	38,6	51%	1008,6

Fonte: Adaptado de APAC (2026).

Após o período de 14 meses de exposição à iluminação, utilizou-se a técnica de observação direta para a coleta de dados. Este procedimento consistiu no acompanhamento direto do objeto de estudo em seu ambiente real de experimentação, concentrando-se na análise do impacto da luminosidade sobre a oxidação das fibras do papel e na incidência de fungos.

Para determinar com precisão da natureza do ataque biológico fúngico, utilizou-se a técnica por fita adesiva, *adhesive tape lift* (Barry; Chan; Williams, 2007). Uma fita adesiva transparente foi cuidadosamente pressionada sobre as áreas contendo crescimento fúngico, permitindo a remoção e transferência das estruturas presentes na superfície do papel. Em seguida, a fita contendo o material fúngico foi posicionada sobre uma lâmina de microscopia contendo uma gota de azul de Aman. As preparações foram examinadas em microscópio óptico, utilizando diferentes magnitudes de aumento, para caracterização e registro das estruturas morfológicas observadas.

Neste contexto, os resultados apresentados descrevem os efeitos da exposição à luz solar, à luz de LED branca e à luz de LED amarela em papéis de algodão, sulfite, jornal e em uma folha de guarda de jornal do século XX. As amostras foram submetidas a uma análise em escala macroscópica (inspeção visual) seguida de caracterização em escala microscópica (microscopia óptica).

4 Resultados e discussão

Os primeiros resultados mostraram os efeitos provocados nos papéis pela exposição da iluminação solar. A Figura 1 apresenta, em escala macroscópica e microscópica as amostras expostas à luz solar.

O papel de algodão apresentou maior resistência ao amarelamento em comparação aos demais materiais analisados, reflexo da ausência prática de lignina em sua composição. Diferente dos papéis jornal e sulfite, derivados da madeira e sujeitos a processos industriais de deslignificação, o algodão é constituído nativamente por celulose em estado de alta pureza.

Segundo Vigiano (2008, p. 37), "[...] o algodão puro é formado de 99,8% de celulose". Em razão dessa elevada pureza, sua fabricação demanda menos etapas de processamento químico para a remoção de lignina e menos procedimentos de branqueamento. Além disso, as fibras de algodão já possuem dimensões adequadas para a produção do papel, dispensando etapas intensivas de redução mecânica, como ocorre com a madeira.

Como consequência, as fibras sofrem menor degradação durante a fabricação, preservando seu comprimento e sua resistência mecânica. Essas características contribuem para uma maior estabilidade química do papel de algodão e para sua menor suscetibilidade ao amarelamento ao longo do tempo. Devido à sua composição constituída quase exclusivamente por celulose pura, o papel de algodão oferece menor disponibilidade de nutrientes e compostos que favoreçam o desenvolvimento de fungos.

Os resultados observados no experimento demonstraram que essa amostra apresentou apenas focos pontuais de crescimento fúngico, enquanto os papéis jornal e sulfite exibiram uma colonização significativamente mais intensa. Embora o papel de algodão não seja imune ao ataque de microrganismos, sua elevada pureza e a ausência de diversos componentes presentes em papéis derivados da madeira tornam-no um substrato menos favorável à proliferação fúngica.

Figura 1 – Visão em escala macroscópica e microscópica de papéis de algodão, sulfite, jornal e folha de guarda de jornal (séc. XX) expostos à luz solar no período de 14 meses (31/03/2025 a 31/05/2026)



Fonte: Dados de pesquisa (2026).

O papel sulfite é um papel de polpa química, ou seja, obtido por um tratamento que elimina grande parte da lignina, das hemiceluloses e de outros componentes não celulósicos. Isso lhe dá fibras mais puras e, em tese, maior estabilidade química do que a pasta mecânica.

Mesmo assim, os experimentos mostraram que o sulfite apresentou múltiplos focos de fungos na exposição solar e, em outras condições, também surgiram fibras levemente amareladas e mais espaçadas. A umidade relativa alta estimula a ação biológica, além de favorecer oxidação e hidrólise da celulose; por isso, o sulfite pode ficar mais vulnerável a fungos quando o ambiente está quente, úmido e mal controlado. Então, neste experimento, a fragilidade do sulfite não vem de tanta lignina quanto o jornal, mas da combinação entre composição, envelhecimento e condições ambientais.

O papel jornal é fabricado a partir de pasta mecânica de alto rendimento, apresentando elevado teor de lignina e diversas impurezas residuais, tantas que, sob ampliação microscópica, tornam-se visíveis partículas de materiais distintos das fibras de celulose. Além disso, suas fibras mais curtas conferem-lhe baixa resistência mecânica.

Consequentemente, o papel jornal é altamente suscetível às degradações hidrolítica[3], oxidativa e microbiológica[4]. Essa combinação de fragilidade estrutural, impurezas e alta concentração de lignina o torna um suporte precário para a conservação de informações a longo prazo.

A folha de guarda exposta à luz solar mostrou intensificação do processo natural de envelhecimento, com oxidação e degradação avançadas, amarelecimento acentuado e fragmentação evidente. Na Figura 1, observou-se a oxidação mais pronunciada nas fibras, no ponto de fragmentação é possível visualizar, em escala

[3] Por degradação entende-se “a cisão da ligação 1,4-glucosídicada molécula de celulose, ou seja, a cisão da ligação entre dois monômeros de glucose. A degradação produz moléculas com grau de polimerização menor afetando, portanto, as propriedades que dependem do comprimento da cadeia molecular da celulose, tais como viscosidade e resistência mecânica”. A degradação hidrolítica é essa cisão em presença de água (D'Almeida,1998, p. 61).

[4] “A degradação biológica da celulose consiste em “uma hidrólise enzimática catalisada pela celulase, que é uma enzima produzida amplamente por fungos e bactérias” (D'Almeida, 1998, p. 66).

microscópica, as fibras se desprendendo na área de ruptura. Percebeu-se também um arqueamento[5] deste papel com a exposição solar.

A figura 2 refere-se aos efeitos da exposição à luz de LED branca. A luz LED branca opera na faixa de 400 a 700 nm, sendo composta pela sobreposição de múltiplos comprimentos de onda do espectro visível. Essa fonte foi selecionada para reproduzir fielmente as condições de um ambiente real de acervo, visto que se trata de uma iluminação comum em instituições de memória. Além disso, o cronograma de exposição simulou o expediente técnico dessas instituições (e do laboratório de pesquisa), introduzindo uma dinâmica intermitente.

Como resultado, constatou-se uma degradação pouco acentuada nos materiais, o que pode ser atribuído aos períodos em que as lâmpadas permaneciam apagadas. Durante os intervalos de descanso, como finais de semana, feriados e pós-expediente, a interrupção da carga fotônica poupou as amostras do estresse luminoso contínuo a que seriam submetidas em um cenário de exposição 24 horas.

O papel de algodão apresentou elevada estabilidade frente à oxidação. Sua composição, constituída por celulose altamente purificada, confere-lhe maior resistência à foto-oxidação[6] induzida por fótons, uma vez que o material carece de componentes instáveis que desencadeiam alterações químicas sob a ação da luz.

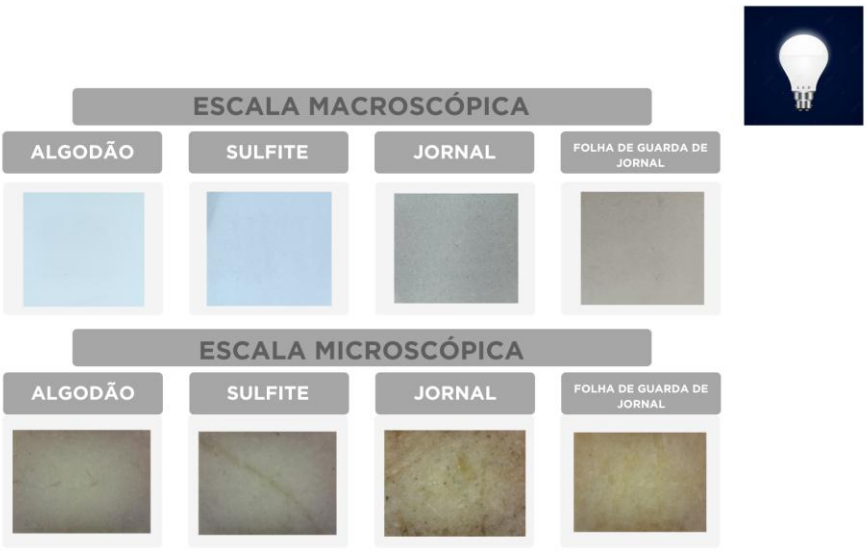
Essa estabilidade intrínseca, associada à intermitência na exposição à luz LED branca (com seus períodos de interrupção), impediu o surgimento de sinais visíveis de oxidação nas fibras. Contudo, a principal suspeita causal recai sobre a umidade relativa do ar, a qual, mesmo em ambiente refrigerado, permitiu a proliferação microbiana.

O papel sulfite já não tem a mesma estabilidade que o papel de algodão, o sulfite carrega um teor de lignina um pouco maior que o de algodão então a exposição energética mesmo que mais espaçada da luz de led branca já permite que a oxidação das suas fibras seja mais evidente. Ainda assim é uma degradação de algumas fibras mais amareladas e bem espaçadas. A incidência de fungo também se nota ser mais ativa que no papel de algodão.

[5] “Deformação do papel ou do cartão causada pela distribuição não uniforme de deformações e tensões ao longo da folha, em decorrência da umidade interna e do condicionamento desiguais” (Lavigne, 1986, p. 168).

[6] “Acidificação, perda do grau de polimerização e aumento dos grupos redutores produzidas pelos raios luminosos que causam a excitação eletrônica, seguida de ruptura das ligações químicas” (Callol, 2013, p. 112).

Figura 2 – Visão em escala macroscópica e microscópica o papel de algodão exposto a luz LED branca no período de 14 meses (31/03/2025 a 31/05/2026)



Fonte: Dados de pesquisa (2026).

Caracterizado pelo alto teor de lignina e pela presença de impurezas, o papel jornal evidencia-se como um material altamente suscetível à degradação. Sob análise óptica, a identificação de partículas distintas das fibras de celulose, semelhantes a resíduos plásticos, é compatível com a caracterização de papéis de origem reciclada. Essas particularidades estruturais justificam o elevado grau de oxidação manifestado pelo material, cujas fibras oxidadas se mostraram significativamente mais aparentes do que as das demais amostras submetidas ao mesmo ambiente, além de explicarem a proliferação fúngica mais acentuada observada na matriz.

A folha de guarda apresentou um estado de oxidação avançado e quase homogêneo, característica prévia decorrente do seu envelhecimento natural. Contudo, não foram observadas novas alterações visíveis nessa amostra após o período de exposição.

Como a sua composição exata permanece desconhecida, pode-se apenas conjeturar as razões pelas quais o material manifestou maior estabilidade frente às condições que degradaram os demais papéis no mesmo ambiente. Destaca-se, ainda, que a amostra não demonstrou nenhum indício de colonização fúngica.

A figura 3 mostra os efeitos provocados nos papéis de algodão, sulfite, jornal e folha de guarda de jornal (séc. XX) pela exposição à luz de LED amarela. A luz LED amarela opera na faixa de 500 a 700 nm, o que significa que seu espectro está

deslocado para maiores comprimentos de onda; fisicamente, quanto maior o comprimento de onda, menor é a energia do fóton. No entanto, embora a luz LED branca seja mais energética e potencialmente prejudicial, a fonte amarela revelou-se mais ativa na degradação devido ao regime de exposição contínua de 24 horas.

Sob esse fluxo ininterrupto, o efeito degradante cumulativo superou o impacto observado no ambiente de LED branco. Mesmo o papel de algodão, reconhecido por sua estabilidade intrínseca, manifestou alterações decorrentes desse estresse luminoso constante ao longo de 14 meses, sem interrupções durante finais de expediente, fins de semana, feriados ou férias. Portanto, os resultados evidenciam que o fator cumulativo da exposição contínua foi mais determinante para a degradação do material do que a energia isolada da fonte luminosa.

A amostra de papel sulfite exposta à luz LED amarela não apresentou indícios visíveis de alterações significativas, evidenciou fibras levemente amareladas e com maior espaçamento, além de colônia de fungos. No papel jornal a amostra revelou detalhes mais sutis da degradação, incluindo fibras amareladas e pontos de oxidação localizados, evidenciando alterações que não são perceptíveis na observação direta da amostra. A amostra também mostrou a presença de fungos.

Figura 3 – Visão em escala microscópica e macroscópica de papéis de algodão, sulfite, jornal e folha de guarda de jornal (séc. XX) expostos à luz LED amarela no período de 14 meses (31/03/2025 a 31/05/2026)



Fonte: Dados de pesquisa (2026).

Por fim, a folha de guarda de jornal do século XX apresentou um quadro mais severo de degradação física e química. O desgaste do documento histórico manifestou-se tanto no estado de conservação de suas fibras quanto no granulamento detectado no ponto de ruptura do material. Adicionalmente, esse suporte sofreu um amarelecimento tão intenso que as fibras oxidadas se tornaram quase uniformes em relação ao restante da amostra, evidenciando a extensão da deterioração cromática sofrida pelo material.

O Quadro 1 apresenta uma síntese comparativa das evidências de degradação por tipo de papel e exposição de fonte luminosa dando um panorama dos resultados desta pesquisa. O papel de algodão, por ser composto quase exclusivamente de celulose pura e apresentar caráter alcalino, tende a ser mais resistente à degradação ácida e ao amarelecimento fotoinduzido. Sua baixa lignina explica a ausência de amarelecimento significativo. Quanto ao pequeno foco de fungo, sua ocorrência pontual pode ocorrer.

Bond *et al*. (2001) afirma que sob exposição à luz, as mudanças químicas ocorrem principalmente na lignina; a celulose e as hemiceluloses não são modificadas em grau significativo.

Estudos na área de conservação preventiva indicam que papéis alcalinos (como os de algodão puro) são mais indicados para o acondicionamento de acervos, justamente por sua maior estabilidade química e menor suscetibilidade à degradação acelerada. No entanto, a alcalinidade[7] não impede totalmente o desenvolvimento biológico, especialmente na presença de matéria orgânica depositada na superfície.

Constatou-se que o papel de algodão não manifestou reações de oxidação sob a incidência da luz solar, cenário no qual, paradoxalmente, esperava-se uma degradação mais severa. Por outro lado, sob a ação da luz LED amarela, teoricamente a menos energética, notaram-se regiões amareladas mais perceptíveis do que aquelas expostas ao sol. Quanto à luz LED branca, que mimetiza o ambiente mais provável de um acervo documental, observaram-se poucas fibras oxidadas e de forma bastante esparsa. Em suma, por tratar-se de um material de elevada estabilidade,

[7] O que define a alcalinidade é o valor do PH, que pode ser definido como “o grau de concentração de íons de hidrogênio num suporte. É expresso numa escala logarítmica de 0 a 14, sendo 7 o ponto neutro. Os valores acima de 7 caracterizam o estado alcalino e os inferiores, a acidez” (Arquivo Nacional, 2005, p. 169).

suas fibras sofreram pouca ou nenhuma alteração visível diante das fontes de iluminação testadas ao longo dos 14 meses de experimentação.

Quadro 1 – Síntese comparativa das evidências de degradação por tipo de papel e fonte luminosa no período de 14 meses (31/03/2025 a 31/05/2026)

TIPO DE PAPEL	PRINCIPAIS EVIDÊNCIAS ENCONTRADAS NO PAPEL		
	LUZ SOLAR	LUZ LED BRANCA	LUZ LED AMARELA
Algodão	Único foco de fungos	Pontos escuros que podem corresponder a sujidades ou colônias fúngicas.	Fibras suavemente amareladas e a presença de alguns pontos escuros, possivelmente correspondentes a partículas de sujeira ou colônias de fungos.
Sulfite	Múltiplos focos de fungos	Fibras espaçadas com amarelecimento aparente e colônia de fungos.	Fibras levemente amareladas e com maior espaçamento, com presença de fungos.
Jornal	Amarelecimento significativo com múltiplos focos de fungos	Algumas fibras com maior grau de oxidação e presença de fungos.	Fibras amareladas e pontos de oxidação localizados, com presença de fungos.
Folha de guarda de Jornal (séc. XX)	Ressecado, amarelado e fragmentado sem incidência microbiológica.	Áreas de oxidação localizada, com aspecto semelhante a queimaduras no material. Apesar de parecer pequenas colônias de fungos, não foi comprovado na visão microscópica.	Degradação, como o estado das fibras e o granulamento no ponto de ruptura do material, além de um amarelecimento tão intenso que as fibras oxidadas se tornam quase uniformes com o restante da amostra.

Fonte: Dados de pesquisa (2026).

Constatou-se que o verso das amostras dos papéis de algodão, sulfite e jornal expostos ao ambiente de incidência de luz solar apresentou um maior quantitativo de colônias de fungos. Essa assimetria é atribuída ao contato direto do material com a superfície de EVA, aliado à temperatura elevada e à alta umidade relativa, favoreceu a proliferação fúngica nessa face específica. Cabe ressaltar que, embora a folha de guarda estivesse disposta sobre a mesma superfície, ela não exibiu infestação por fungos em nenhuma das amostras analisadas.

Até o quarto mês de exposição, os papéis sulfite e de algodão não demonstravam sinais visíveis de oxidação. Por outro lado, o papel jornal, mesmo

antes da exposição à luz, já exibia fibras amareladas que, após a colonização fúngica, desapareceram ou tornaram-se esbranquiçadas. Levanta-se a hipótese de que os microrganismos tenham promovido a digestão enzimática (degradação) das fibras previamente oxidadas do jornal. Diante disso, como os papéis sulfite e de algodão também apresentavam infestação microbiológica, não é possível determinar se a luz solar falhou em oxidar suas estruturas ou se a atividade fúngica eliminou os subprodutos da oxidação antes que estes pudessem ser detectados.

O aparecimento de fungos no papel sulfite, mesmo sem amarelecimento expressivo, pode estar relacionado à sua composição celulósica e à presença de cargas minerais e colas superficiais que, em condições de umidade e temperatura instáveis, criam microambientes favoráveis ao desenvolvimento fúngico.

Diferentemente dos papéis de algodão e jornal, o sulfite comercial frequentemente contém aditivos que podem servir como substrato adicional para fungos. O amarelecimento do papel está mais associado à degradação fotoquímica da lignina e à oxidação da celulose, enquanto a proliferação fúngica depende de condições de umidade relativa acima de 50% e da disponibilidade de nutrientes orgânicos.

Constatou-se que o papel sulfite apresentou colonização fúngica em todos os cenários experimentais. Paradoxalmente, no ambiente de exposição à luz solar, teoricamente o mais nocivo, não foram identificadas fibras oxidadas, levantando-se a hipótese de que tais estruturas tenham sido metabolizadas pela atividade fúngica antes do registro. Em contrapartida, nos outros dois cenários microambientais, observou-se a presença de fibras oxidadas, ainda que de forma leve ou esparsa. Desse modo, embora as fontes artificiais tenham sido controladas para não emitirem a carga radiante total que a luz solar possui, foram elas as responsáveis pelos maiores índices de oxidação na matriz do papel sulfite.

O acentuado amarelecimento do papel jornal deve-se à alta concentração de lignina em sua composição. A lignina, quando exposta à radiação UV presente na luz solar, sofre reações de foto-oxidação que geram cromóforos (grupos químicos que absorvem luz na região do azul/violeta), resultando na coloração amarelada. O papel jornal consistiu no material que apresentou o maior grau de amarelecimento em todos os cenários experimentais. Contudo, no ambiente de exposição à luz solar, pelo fato de a superfície estar completamente tomada por colônias fúngicas, observou-se que

as fibras se tornaram mais claras ou desapareceram. Esse padrão atribui-se à degradação enzimática das fibras previamente oxidadas pela ação dos microrganismos.

A ausência de focos fúngicos na folha de guarda do jornal do século XX pode ser explicada por dois fatores principais: (1) o ambiente de exposição à luz solar intensa (com luminosidade média de 1008,6 lux e temperatura OUT de 38,6°C) pode ter inibido o crescimento de fungos, que geralmente preferem ambientes com menor luminosidade e temperaturas amenas; (2) a própria composição da folha de guarda (estar mais ácida e com menor disponibilidade de nutrientes superficiais adesivos) pode ser menos propícia ao desenvolvimento fúngico quando comparada ao sulfite.

A amostra centenária já apresentava, intrinsecamente, um alto grau de degradação acumulada (oxidação, acidez, fragilidade das fibras). A exposição à luz solar atuou como um catalisador, acelerando drasticamente esses processos. A radiação UV quebrou cadeias de celulose já fragilizadas, enquanto o calor (temperatura OUT de 38,6°C) promoveu reações de hidrólise ácida[8] e maior perda de água, resultando no ressecamento[9] e na fragmentação observados.

Considerou-se então que o papel jornal e a folha de guarda de jornal (séc. XX) apresentaram maior suscetibilidade à degradação por oxidação, especialmente sob luz solar, devido à alta concentração de lignina (jornal) e à degradação acumulada (folha de guarda). A luz solar foi a condição mais agressiva para esses materiais.

Os papéis sulfite e de algodão demonstraram maior vulnerabilidade à incidência de fungos, sobretudo na exposição solar. Essa constatação indica que, embora mais resistentes à oxidação (por terem baixo teor de lignina), esses materiais podem oferecer substrato favorável ao desenvolvimento biológico, possivelmente relacionado a aditivos de superfície ou à própria celulose em condições de umidade favorável.

Os únicos danos macroscópicamente perceptíveis ocorreram nas amostras expostas à luz solar, especialmente nos papéis jornal e na folha de guarda. Esse resultado indica que, para fins de conservação de acervos expostos à iluminação

[8] “Reação química na qual ocorre a quebra das ligações das moléculas em presença de água, catalisada em meio ácido e que resulta em um processo de degradação do papel” (Bojanoski, 2018, p. 21).

[9] “Dano físico decorrente da exposição a baixas taxas de umidade e calor, destacando que a perda hídrica deixa as fibras rígidas, desidratadas e sujeitas a quebras” (Cassares, 2000).

artificial (LED branca ou amarela), os danos podem ser invisíveis a olho nu por longos períodos, exigindo monitoramento microscópico para detecção precoce.

Area e Cheradame (2011) afirmam que a biodeterioração[10] é a fonte de degradação mais frequentemente detectada em papéis armazenados em arquivos e livros em países localizados em áreas tropicais e subtropicais enfatizando que interromper esse tipo de evolução prejudicial não é fácil, pois sua origem é frequentemente devida a condições de armazenamento inadequadas. Aspergillus niger e Paecilomyces variotii são representativos entre as cepas fúngicas mais frequentemente encontradas em documentos contaminados.

Zervos (2010) afirma que a luz desempenha um papel importante no envelhecimento natural do papel e os dados experimentais apresentados reforçam a recomendação de utilizar papéis e envelopes alcalinos (como o papel de algodão puro) para acondicionamento e armazenamento de acervos, bem como controlar rigorosamente os níveis de iluminação, especialmente a radiação UV presente na luz solar e, em menor grau, em algumas fontes de LED branca.

Estudos afirmam que “[...] tanto os papéis neutros quanto os alcalinos são adequados para a conservação preventiva e podem ser utilizados para envolver diversos tipos de objetos, como documentos em papel, fotografias em preto e branco e negativos em preto e branco” (Tétreault, 2017, p. 49, tradução nossa).

A própria norma ISO 9706 afirma que a reserva alcalina atua como uma reserva permanente de base, neutralizando os ácidos que entram ao longo do tempo, garantindo ao papel uma vida útil prolongada, mesmo em condições de armazenamento que estão muito aquém das ideais (Patterson, 2026; Tétreault, 2017). Guild (2018) afirma que existem exceções para uso de embalagens e suportes de papel alcalino que “[...] incluem objetos que contenham corantes, pigmentos ou tintas sensíveis à alta alcalinidade, os quais exigem produtos sem reserva alcalina”.

A luz LED amarela mostrou-se menos agressiva em termos de oxidação visível, embora tenha causado alterações microscópicas que merecem atenção em acervos de longo prazo.

[10] A deterioração é definida como “o envelhecimento gradual de materiais devido a ações diversas, ocasionando a destruição dos mesmos” (Spinelli Júnior, 1997). Quando se define Biodeterioração, diz respeito aos danos relatados provocados pela ação de fungos e insetos por meio de clivagem enzimática e liberação de resíduos ácidos.

5 Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo investigar os efeitos da exposição à luz solar, LED branca e de LED amarela sobre papéis de algodão, sulfite, jornal e uma folha de guarda de jornal datada do século XX, e sua relação com a preservação de documentos. Os resultados demonstraram que a luz atua como um importante agente de degradação do papel, produzindo alterações que variam conforme a composição do suporte e a fonte luminosa empregada. Entre as condições analisadas, a exposição à luz solar apresentou os efeitos mais severos, provocando amarelecimento acentuado, oxidação, ressecamento, fragmentação das fibras. Esses resultados confirmam a elevada capacidade da radiação solar de acelerar processos de deterioração física, química e biológica dos materiais celulósicos.

A análise comparativa evidenciou comportamentos distintos entre os papéis estudados. O papel jornal revelou-se o material mais vulnerável à oxidação e ao amarelecimento, enquanto a folha de guarda histórica apresentou intensa degradação física, manifestada por ressecamento, perda de flexibilidade e fragmentação estrutural.

Em contrapartida, o papel de algodão demonstrou maior estabilidade frente ao envelhecimento induzido pela luz, mantendo características visuais mais próximas às do grupo de controle. O papel sulfite, embora menos suscetível ao amarelecimento, apresentou maior predisposição ao desenvolvimento de colônias fúngicas.

As fontes artificiais de iluminação mostraram potencial degradante inferior ao da luz solar. A luz LED branca provocou alterações moderadas, caracterizadas principalmente por oxidação localizada em alguns materiais. Já a luz LED amarela apresentou os menores níveis de degradação observados durante o período experimental, com alterações predominantemente microscópicas e pouco perceptíveis em escala macroscópica.

Em todos os cenários a umidade relativa do ar proporcionou a incidência e a proliferação de fungos na maioria das amostras. A única amostra que em todos os ambientes não teve incidência de fungos perceptível foi a folha de guarda de jornal.

Os resultados obtidos reforçam a importância da conservação preventiva como estratégia fundamental para a salvaguarda dos acervos documentais. O controle da exposição luminosa, associado ao monitoramento da temperatura, da umidade

relativa do ar e das condições de armazenamento, constitui uma medida indispensável para retardar os processos de degradação e ampliar a longevidade dos suportes de memória.

Durante o desenvolvimento da pesquisa algumas limitações foram identificadas, como a caracterização completa das amostras utilizadas, uma vez que não foi possível determinar com exatidão a composição química e a idade da folha de guarda do jornal. E além disso, a indisponibilidade de equipamentos laboratoriais específicos restringiu a realização de análises físico-químicas mais aprofundadas, como a identificação detalhada dos microrganismos presentes, a mensuração instrumental das alterações das cores do papel e a análise do ph das amostras antes e depois da exposição.

Outra dificuldade para se mensurar o real efeito das luzes sobre os diferentes tipos de papeis é a manifestação dos fungos que podem ter alterado as fibras danificadas impedindo a análise precisa dos danos provocados pela luz em algumas amostras. Apesar dessas limitações, os procedimentos empregados permitiram observar tendências significativas nos processos de degradação provocados pelas diferentes fontes de luz, fornecendo dados relevantes para a conservação preventiva de documentos em suporte papel.

Os resultados obtidos e as limitações encontradas evidenciam a necessidade de novos estudos que ampliem o conhecimento acerca dos mecanismos de deterioração do papel. Pesquisas futuras poderão contemplar períodos de exposição mais prolongados, a utilização de técnicas analíticas mais precisas, como espectroscopia e colorimetria, bem como um ambiente mais controlado em que os agentes fúngicos não sejam uma variável de alteração dos danos na pesquisa.

Destaca-se também como limitação, a ausência de um grupo controle mantido sob ausência total de iluminação, o que impede a discriminação pontual entre os efeitos puramente fotoinduzidos e eventuais alterações temporais/térmicas do material.

Também se mostra pertinente investigar outros tipos de papéis e diferentes condições ambientais, a fim de aprofundar a compreensão dos efeitos da luz e contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação preventiva dos acervos documentais.

Por fim, considera-se que a preservação dos documentos em papel transcende

a proteção de um suporte físico. Ao conservar esses registros, preservam-se também informações, conhecimentos, identidades e memórias coletivas. Nesse sentido, compreender os efeitos da luz sobre diferentes tipos de papel contribui não apenas para o desenvolvimento de práticas mais eficazes de conservação documental, mas também para a continuidade da transmissão do patrimônio informacional e histórico às gerações futuras.

Referências

APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Informe e previsão climática**: março/2025 a maio/2026. Recife: APAC, 2026. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/mais/boletins. Acesso em: 10 ago. 2026.

AREA, María Cristina; CHERADAME, Hervé. Paper aging and degradation: recent findings and research methods. **BioResources**, Raleigh, v. 6, n. 4, p. 5307-5337, 2011. *DOI: 10.15376/biores.6.4.5307-5337. Disponível em: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/paper-aging-and-degradation-recent-findings-and-research-methods/. Acesso em:* 10 maio 2026.

ARQUIVO NACIONAL (Brasil). **Dicionário brasileiro de terminologia arquivística**. Rio de Janeiro: Arquivo Nacional, 2005.

BARRY, David J.; CHAN, Cecilia; WILLIAMS, Gwilym A. Nitrocellulose as a general tool for fungal slide mounts. **Journal of Clinical Microbiology**, Bethesda, v. 45, n. 3, p. 1074-1075, 2007. DOI: https://doi.org/10.1128/jcm.01609-06. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1829083/. Acesso em: 10 maio 2026.

BOJANOSKI, Silvana de Fátima. **Terminologia em conservação de bens culturais em papel**: produção de um glossário para profissionais em formação. 2018. 292 f. Tese (Doutorado em Memória Social e Patrimônio Cultural) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/6203. Acesso em: 10 maio 2026.

BOJANOSKI, Silvana de Fátima; ALMADA, Márcia. **Glossário ilustrado de conservação e restauração de obras em papel**: danos e tratamentos: português, espanhol, inglês, grego. Belo Horizonte: Fino Traço, 2021. (Coleção Patrimônio - Série Caminhos da Preservação).

BOND, James S.; YU, Xiaochun; ATALLA, Rajai; AGARWAL, Umesh; HUNT, Christopher G. The aging of printing and writing papers upon exposure to light: part 1 – optical and chemical changes due to long-term light exposure. *In*: ISWFPC – INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WOOD AND PULPING CHEMISTRY, 11., 2001, Nice. **Proceedings** [...]. Saint Martin d'Heres: Ecole Francaise de Papeterie et des Industries Graphiques, 2001. v. 2, p. 209-213. Disponível em: https://www.academia.edu/30500852/The_Aging_of_Printing_and_Writing_Papers_u

pon_Exposure_to_Light_Part_1_Optical_and_Chemical_Changes_due_to_Long_Term_Light_Exposure. Acesso em: 10 maio 2026.

BUCKLAND, Michael K. Information as thing. **Journal of the American Society for Information Science**, New York, v. 42, n. 5, p. 351-360, Jun. 1991. DOI: https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199106)42:5<351::AID-ASI5>3.0.CO;2-3. Disponível em: https://asistdl.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/%28SICI%291097-4571%28199106%2942%3A5%3C351%3A%3AAID-ASI5%3E3.0.CO%3B2-3. Acesso em: 10 fev. 2026.

CALLOL, Milagros Vaillant. **Biodeterioração do patrimônio histórico documental**: alternativas para sua erradicação e controle. Rio de Janeiro: MAST/FCRB, 2013.

CANDAU, Joël. **Memória e identidade**. Tradução de Maria Leticia Ferreira. São Paulo: Contexto, 2011.

CASSARES, Norma Ciafone; PETRELLA, Yara Lígia Mello Moreira. Influência da radiação de luz sobre acervos museológicos. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 8/9, p. 177-192, 2003. DOI: https://doi.org/10.1590/s0101-47142001000100006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/anaismp/a/S9DDcc6d8HqjCGvqcHtGtxn/?lang=pt. Acesso em: 10 maio 2026.

CASSARES, Norma Cianflone. **Como fazer conservação preventiva em arquivos e bibliotecas**. São Paulo: Arquivo do Estado e Imprensa Oficial, 2000. (Projeto Como fazer, 5). Disponível em: https://arqsp.org.br/arquivos/oficinas_colecao_como_fazer/cf5.pdf. Acesso em: 10 maio 2026.

COURROL, Lilia Coronato; PRETO, André Oliveira. **Óptica geométrica**. São Paulo: Unifesp, 2011.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otera. Composição química dos materiais lignocelulósicos. *In*: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otera (coord.). **Celulose e papel**: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1988.

GUILD, Sherry. **Caring for paper objects**. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2018. Disponível em: https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/paper-objects.html. Acesso em: 10 jun. 2026.

HALBWACHS, Maurice. **A memória coletiva**. São Paulo: Centauro, 2006.

LAVIGNE, John R. Curl. *In*: LAVIGNE, John R. **Pulp & Paper Dictionary**. San Francisco: Miller Freeman Publications, 1986. Disponível em: https://archive.org/details/pulppaperdiction00lavi/mode/2up?q=curl. Acesso em: 28 set. 2026.

MICHEL, Maria Helena. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

PATTERSON, Joel Edward. **Archival permanence**: the ISO standard for records intended to last. Esslingen: Standard Index Group, 2026. Technical Note. Disponível em: https://standardindex.org. Acesso em: 10 abr. 2026.

SPINELLI JÚNIOR, Jayme. **A conservação de acervos bibliográficos & documentais**. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 1997. (Documentos técnicos, 1).

TÉTREAULT, Jean. **Products used in preventive conservation**. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2017. (Technical Bulletin, 32). Disponível em: https://publications.gc.ca/collections/collection_2018/pch/CH57-3-1-32-2017-eng.pdf. Acesso em: 10 jun. 2026.

VIGIANO, Demilson José Malta. **Estudo de caso de degradação química de papéis ácidos**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Belas Artes, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/JSSS-7WSF8Z. Acesso em: 24 set. 2023.

ZERVOS, Spiros. Natural and accelerated aging of cellulose and paper: a literature review. *In*: LEJEUNE, Arnaud; DEPREZ, Thibaut (ed.). **Cellulose**: structure and properties, derivatives and industrial uses. New York: Nova Publishing, 2010.

Effects of light exposure on the degradation of different paper types

an experimental study

Abstract

Objective: This study investigates the effects of exposure to sunlight, white LED, and yellow LED light on cotton paper, sulfite paper, newsprint, and a 20th-century historical endpaper, as well as their relationship to document preservation. **Methodology**: The research adopted a mixed qualitative-quantitative approach. In terms of means, it was an exploratory study with bibliographic research; in terms of ends, it was a descriptive study. The experimental method was employed, and observation was used as the data collection technique. The exposure period lasted 14 months, from March 31, 2025, to May 31, 2026. **Results**: Sunlight exposure produced the most severe effects, causing pronounced yellowing, oxidation, drying, and fiber fragmentation. White LED light caused moderate changes, characterized mainly by localized oxidation in some materials. Yellow LED light exhibited the lowest levels of degradation observed during the experimental period, with predominantly microscopic changes that were barely perceptible on a macroscopic scale. Newsprint proved to be the material most vulnerable to oxidation and yellowing, while the historical endpaper showed intense physical degradation, manifested by drying, loss of flexibility, and structural fragmentation. Cotton paper demonstrated greater stability against light-induced aging. Sulfite paper, although less

susceptible to yellowing, showed a greater predisposition to the development of fungal colonies. **Conclusions**: Controlling light exposure, combined with monitoring temperature, relative humidity, and storage conditions, constitutes an indispensable measure for slowing degradation processes and extending the longevity of memory supports.

Descriptors: Document preservation. Preventive conservation. Paper degradation. Light exposure.

Efectos de la exposición a la luz en la degradación de diferentes tipos de papel

un estudio experimental

Resumen

Objetivo: Investiga los efectos de la exposición a la luz solar, LED blanca y LED amarilla sobre papeles de algodón, sulfito, periódico y una hoja de guarda de periódico datada del siglo XX, y su relación con la preservación de documentos. **Metodología**: La investigación tuvo un carácter cuali-cuantitativo; en cuanto a los medios, fue un estudio exploratorio y de investigación bibliográfica, y en cuanto a los fines, fue una investigación descriptiva. Se utilizó el método experimental y, como técnica de recolección de datos, la observación. El tiempo de exposición fue de 14 meses, comprendiendo del 31/03/2025 al 31/05/2026. **Resultados**: La exposición a la luz solar presentó los efectos más severos, provocando amarillamiento acentuado, oxidación, resecamiento y fragmentación de las fibras. La luz LED blanca provocó alteraciones moderadas, caracterizadas principalmente por oxidación localizada en algunos materiales. La luz LED amarilla presentó los menores niveles de degradación observados durante el período experimental, con alteraciones predominantemente microscópicas y poco perceptibles a escala macroscópica. El papel periódico resultó ser el material más vulnerable a la oxidación y al amarillamiento, mientras que la hoja de guarda histórica presentó intensa degradación física, manifestada por resecamiento, pérdida de flexibilidad y fragmentación estructural. El papel algodón demostró mayor estabilidad frente al envejecimiento inducido por la luz. El papel sulfito, aunque menos susceptible al amarillamiento, presentó mayor predisposición al desarrollo de colonias fúngicas. **Conclusiones**: El control de la exposición lumínica, asociado al monitoreo de la temperatura, la humedad relativa del aire y las condiciones de almacenamiento, constituye una medida indispensable para retardar los procesos de degradación y ampliar la longevidad de los soportes de memoria.

Descriptores: Preservación de documentos. Conservación preventiva. Degradación de papeles. Exposición a la luz.