

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

Paula Geovanna Alves Oliveira

**ESTUDO DE CASO: CLAREAMENTO DE UMA GRAVURA EM METAL DO
SÉCULO XVIII**

Belo Horizonte
2022

ESTUDO DE CASO: CLAREAMENTO DE UMA GRAVURA EM METAL DO SÉCULO XVIII

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Conservação- Restauração de Bens Culturais Móveis da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Conservação e Restauração em Bens Culturais Móveis.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Almada

Belo Horizonte

2022

Agradecimentos

À Universidade Federal de Minas Gerais, por existir.

À professora Márcia Almada, pela orientação generosa, em que aprendi tanto, também, com seu exemplo.

Ao professor Alexandre Leão, por me auxiliar com tanta paciência nos testes de colorimetria e documentação por imagem, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Claudio Nadalin, por me auxiliar com as fotografias tiradas no iLab.

À Diane Almeida, coordenadora do Núcleo de Conservação do Arquivo Público Mineiro e minha supervisora de estágio, por toda compreensão e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao meu colega de estágio, Olavo Tarcísio de Sousa, por todos os conselhos, risadas e histórias que “contando, ninguém acredita”.

Aos meus amigos pelo amor, incentivo e companheirismo. Agradeço em especial às minhas amigas Larissa, Natália e Valerie, por todo o apoio durante a graduação.

À minha mãe, por tudo.

Resumo

O clareamento por luz dos artefatos em papel é uma prática antiga que, após cair em desuso, foi retomada na década de 1980, pela restauradora Keiko Keyes. O objetivo deste trabalho é apresentar alguns tipos de clareamento por luz e relatar o processo de restauração de uma gravura do século XVIII em que o clareamento por luz solar, além de outros tratamentos, é feito. As metodologias utilizadas são a revisão e o levantamento bibliográfico, testes, exames científicos e documentação por imagem; colorimetria; tratamento por capilaridade e clareamento por luz solar. Os resultados obtidos demonstram a eficácia dos tratamentos na atenuação de manchas e na estabilização do pH.

Palavras chave: Clareamento por luz. Clareamento solar. Radiação por luz artificial.

Abstract

Light bleaching on paper is an old practice that, after falling into disuse, was resumed in the 1980s by restorer Keiko Keyes. The aim of this work is to present some types of bleaching by light and report the process of restoring an engraving from the 18th century in which bleaching by sunlight, in addition to other treatments, is performed. The methodologies used are the review and bibliographic survey, tests, scientific examinations and documents by image; colorimetry; capillarity treatment and lightening by sunlight. The results demonstrated the effectiveness of the treatments in attenuating stains and stabilizing the pH.

Keywords: Light bleaching. Sun Bleaching. Artificial Light Radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de cores $L^*a^*b^*$	13
Figura 2 – Fórmula do Delta E.....	13
Figura 3 – Marcação das áreas de manchas no objeto de estudo.....	14
Figura 4 – Máscara de poliéster e espectrofotômetro.....	15
Figura 5 – Esquema de localização dos testes de pH e solubilidade.....	16
Figura 6 – Medição dos materiais como filtro UV.....	18
Figura 7 – Estrutura de clareamento artificial dupla face.....	24
Figura 8 – Estrutura de clareamento artificial dupla face.....	24
Figura 9 – Estrutura de clareamento artificial com lâmpadas de iodetos metálicos.....	25
Figura 10 – Vista da técnica de clareamento por luz artificial usada no experimento.....	26
Figura 11 – Placa de acrílico com filtro UV.....	29
Figura 12 – Estrutura molecular da celulose.....	30
Figura 13 – Regiões amorfas e cristalinas do papel.....	31
Figura 14 – Mapa de degradações.....	41
Figura 15 – Sujidades dentro das dobras.....	42
Figura 16 – Fotografia de luz visível – frente.....	43
Figura 17 – Fotografia de luz visível – verso.....	44
Figura 18 – Fotografia de luz ultravioleta – frente.....	45
Figura 19 – Fotografia de luz ultravioleta – verso.....	46
Figura 20 – Fotografia de luz reversa.....	47
Figura 21 – Fotografia de luz rasante.....	48
Figura 22 – Tabela de colorimetria feita na base usada para fotografar a gravura.....	49
Figura 23 – Áreas de medição da colorimetria antes e depois.....	49
Figura 24 – Tabela com medições L^*a^*b antes e depois do tratamento.....	50
Figura 25 – Variações do delta E nos pontos 1, 2 e 3.....	50

Figura 26 – Comparações entre os pontos 1 e 3 antes e depois do tratamento.....	51
Figura 27 – Testes de solubilidade.....	51
Figura 28 – Testes de pH.....	52
Figura 29 – Esquema de capilaridade feito para a obra tratada.....	53
Figura 30 – Estrutura criada para o tratamento de capilaridade por Paraprint OL 60.....	53
Figura 31 – Gravura no início do tratamento de capilaridade.....	54
Figura 32 – Medição do pH durante o clareamento por luz solar.....	55
Figura 33 – Acondicionamento proposto.....	56
Figura 34 – Fotografia de luz visível antes do tratamento.....	57
Figura 35 – Fotografia de luz visível depois do tratamento.....	57
Figura 36 – Fotografia de luz ultravioleta antes do tratamento.....	58
Figura 37 – Fotografia de luz ultravioleta depois do tratamento.....	59
Figura 38 – Fotografia de luz reversa.....	60
Figura 39 – Fotografia de luz rasante.....	61

SUMÁRIO

1 Introdução e metodologia.....	8
2 Clareamento	19
2.1 Procedimentos de clareamento por luz:.....	20
2.1.1 Clareamento com luz solar:	20
2.1.1.2 Técnica do “sanduíche”	22
2.1.2 Clareamento com luz artificial:.....	22
2.1.2.2 Lâmpadas fluorescentes - Dupla face.....	22
2.2 Relação dos Materiais e equipamentos empregados	28
2.2.1 Agentes de alcalinização	28
2.2.2 Filtros UV	29
2.2.3 Lâmpadas	30
2.3 A degradação da celulose nos tratamentos de clareamento.....	30
2.4 Aspectos éticos e filosóficos do tratamento de clareamento - discussão crítica	35
3 Tratamento de uma gravura em metal por clareamento por luz	39
3.1. Descrição da obra	39
3.2 Diagnóstico do Estado de Conservação	40
3.3 Proposta e Tratamento de restauração da gravura	41
3.3.1 Limpeza mecânica e desmontagem	42
3.3.2 Testes científicos e documentação por imagem	42
3.3.3 Testes – Colorimetria	48
3.3.4 Testes de solubilidade e pH	51
3.3.5 Tratamento químico de capilaridade com Paraprint OL 60	52
3.3.6 Tratamento químico por clareamento por luz solar	54
3.3.7 Reconstituição do suporte, sistema de apresentação e acondicionamento	55
4 Considerações finais.....	61
5 Referências	63

1 Introdução e metodologia

O clareamento de papéis é uma das áreas mais polêmicas da restauração de obras de arte em papel. Diversos restauradores, como Bruckle (2017) e Van der Reyden (1992) manifestam que este procedimento, feito por motivos estéticos, deve ser realizado somente no caso de as manchas serem prejudiciais ao entendimento das informações da obra. Apesar disso, o clareamento é, também, uma das intervenções de restauração mais antigas que existem. De acordo com Dianne Van Der Reyden e Keiko Keyes (1882), o primeiro tipo de clareamento desenvolvido, possivelmente, foi o clareamento por luz solar. Burgess (1989) relata que o clareamento de papéis foi iniciado a partir do tratamento em têxteis.

Antes do desenvolvimento de reagentes químicos clareadores para reduzir ou eliminar manchas, o clareamento solar era a única alternativa para branquear a matéria prima que era usada para a produção de papel, os trapos, geralmente de linho e algodão. O clareamento de obras em suportes de papel, portanto, não se desenvolveu significativamente para além do tratamento solar até que Karl Wilhelm Scheele desenvolvesse o cloro, na segunda metade do século XVIII, em 1774. Já em 1788, foi descoberto e publicado por Chaptal que o ácido hidrocloreídico oxigenado poderia ser usado para clarear gravuras escurecidas. Outros métodos de clareamento químico surgiram em seguida, sendo os mais comuns o hipoclorito de potássio, o hipoclorito de cálcio e o clorato de sódio. Foram muito utilizados também a cloramina T e o hipoclorito de sódio. Além desses, foram divulgadas formas de gerar cloro e ozônio para o clareamento de gravuras. A princípio, o peróxido de hidrogênio não teve uso tão difundido até o final do século XIX, a partir de quando seu potencial branqueador foi amplamente colocado em prática.

Assim, durante a segunda metade do século XX, talvez por maior disponibilidade e eficácia, os reagentes clareadores são cada vez mais usados e disseminados, até chegar ao ponto em que o clareamento solar não é sequer mencionado em nenhum estudo sobre clareamento e remoção de manchas em papel. A restauradora Keyes (1982) foi quem sugeriu a retomada do clareamento solar, ao descrever os resultados positivos com sua experiência com esta técnica de tratamento. A maioria dos estudos realizados entre as décadas de 1980 e 1990, levantados durante este trabalho mostram preferência quase unânime ao clareamento por luz, tanto solar quanto artificial, quando em comparação com o clareamento por reagentes químicos.

Dentre os principais restauradores que publicaram artigos sobre o clareamento solar estão Keiko Keyes, a primeira a sugerir que este tratamento pudesse ser utilizado

novamente, em 1982, seguida por outros pesquisadores como Margareth Hey, Cathleen Baker, Dianne Van Der Reyden. Em diversas publicações, estes mesmos pesquisadores citados defendem as possibilidades de clareamento por luz artificial, por ter algumas outras vantagens em comparação com o clareamento solar, como maiores níveis de segurança por haver mais controle sobre as condições de exposição. Assim, o clareamento por reagentes químicos se tornou mais difundido, mas é inegável que o clareamento por luz artificial também se desenvolveu bastante. Já o clareamento solar, que não vem sendo amplamente documentado como na década de 1980, ainda é uma opção possível, e que, inclusive, possui inúmeras vantagens quando comparado com outros tipos de clareamento. Entretanto, nas situações específicas em que o suporte demanda o procedimento de clareamento, é importante escolher o tipo adequado de tratamento a ser feito, pois nem sempre o clareamento solar é o mais indicado, como será visto adiante neste trabalho.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi realizar uma breve revisão bibliográfica sobre o clareamento por luz solar e artificial, apresentando os métodos de aplicação, riscos e benefícios, discutir as problemáticas que envolvem esse procedimento e, finalmente, aplicar o tratamento de clareamento através da luz solar em uma gravura em metal como etapa do tratamento de restauração deste objeto, que foi precedido de estudo sobre as características materiais e artísticas. O clareamento realizado teve por objetivo melhorar seu aspecto estético e facilitar sua leitura e apreciação, de forma mais natural possível, fornecendo à obra uma aparência mais homogênea, respeitando seu valor estético e histórico. Outras ações de restauração além do clareamento foram feitas, como a limpeza, enxertos, reintegração cromática e acondicionamento. Todo o tratamento foi realizado no Laboratório de Conservação e Restauração de Documentos Gráficos e Fílmicos – LaGrafi – do Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais – CECOR – da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais. A descrição completa da obra encontra-se no capítulo 3.

Este trabalho demonstra a importância do clareamento por radiação solar como alternativa aos métodos químicos, potencialmente mais agressivos para o suporte e com muitos riscos, inclusive, em alguns casos, para a saúde do conservador. Isto será feito através da restauração de um objeto apropriado para o tipo de clareamento proposto.

Nesta seção, é apresentada a metodologia usada para a realização deste trabalho em todas as etapas, a saber: revisão bibliográfica, a documentação por imagem, colorimetria, testes de pH e solubilidade, tratamento por capilaridade e clareamento solar.

Para a revisão bibliográfica, foi feito um levantamento de artigos científicos que tratam sobre o tratamento de clareamento por luz. A metodologia escolhida para este levantamento foi o de fazer uma pesquisa cronológica, para acompanhar o desenvolvimento da área desde que a restauradora japonesa Keiko Keyes relatou ter experiências positivas com o clareamento solar em 1982. Os textos clássicos dessa área foram escritos entre as décadas de 1980 a 1990 por pesquisadores como Keiko Keyes, Margaret Hey, Cathleen Baker, Dianne Van der Reyden. Em contrapartida, entre os pesquisadores atuais mais ativos na área estão Irene Bruckle e Ute Henniges. Todos os artigos recentes fazem menção aos textos clássicos mencionados; a maioria deles foi retirada da revista científica de conservação *Restaurator*, definida pelo próprio site como o “único periódico internacional especializados na conservação de materiais de arquivo e bibliotecas”, sendo este um dos principais motivos que levaram à escolha desta revista como fonte de pesquisa para este trabalho. Os artigos publicados abordam questões importantes na área de conservação, como tecnologia e práticas experimentais com bases científicas, bem como o desenvolvimento de novas técnicas e materiais. A busca pelos textos foi feita por meio de palavras-chave, como “light bleaching”, “sun bleaching”, “artificial light radiation”, e também por autores, como Irene Bruckle, Ute Henniges, Anthony Smith.

Durante a revisão bibliográfica, foi possível perceber que o procedimento passou a ser considerado uma alternativa aos métodos por reagentes químicos a partir da década de 1980, desenvolvendo-se o método de clareamento por luz artificial. Recentemente tem-se praticado a associação de métodos, ou seja, o uso de clareamento por luz associado ao clareamento com reagentes químicos. Embora não possa ser usado em papéis com lignina, muitos profissionais relatam preferência pelo peróxido de hidrogênio por ser menos nocivo quando comparado com os outros, como o hipoclorito de sódio; a luz artificial também vem sendo usada com frequência dada a sua facilidade de controle e assim, diminuição de riscos.

A documentação por imagem é uma etapa importante deste trabalho, devido à necessidade de avaliar a eficácia do clareamento por luz a que a gravura foi submetida. Seu objetivo é o de identificar deteriorações do objeto que não são aparentes na luz visível, mas também características intrínsecas do suporte, já que as informações obtidas com o uso da documentação por imagem são relevantes nas intervenções de restauração propostas e realizadas. Foram feitas fotografias no Laboratório de Documentação Científica por imagem – iLab -, no Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais - CECOR, da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, usando as técnicas de luz visível (frente e verso), luz reversa, luz rasante e

fotografia de fluorescência UV. A organização do estúdio para as fotografias foi alterada especificamente para papel: uma estrutura similar à uma mesa de luz foi colocada no chão, e em cima desta foi colocada a base, um tipo de papel cartão branco, com baixa fluorescência e a gravura em cima desta base. O tripé foi reajustado para que a câmera ficasse paralela à obra. A câmera utilizada foi a T5i, Canon, lente 50mm, ambas da própria autora, e adequadas para as fotografias feitas. O tratamento das imagens foi realizado com os softwares livres Gimp e Raw Therapee para correção de cores e pequenos detalhes como nitidez e rotação. Também foi usado uma cartela de cinzas modelo QpCard 101, para garantir a representação correta de cor da gravura antes e depois do tratamento.

Segundo dados obtidos no site do Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), o objetivo da fotografia de luz visível é o registro da obra e suas características que são visíveis à luz, como paleta cromática e estilo, por exemplo. Para tanto, é necessário fotografar com uma câmera digital com alta resolução, lentes específicas acopladas a ela, e fontes de luz. Para que a fotografia seja feita corretamente, é necessário configurar algumas ferramentas da câmera, como abertura, balanço de branco, temperatura de cor e gerenciamento de cor (ROSADO, 2011). Para aumentar a legitimidade da reprodução das cores da obra, é usado também uma cartela de cores ou de tons de cinza, que foi a escolhida para esse trabalho. A fonte de luz usada foi constituída por lâmpadas fluorescentes com Índice de Reprodução de Cor (IRC) maior que 95, um índice alto (considerando que quanto mais próximo de 100, mais fielmente ela reproduz as cores que o olho humano enxerga), e as configurações de câmera para a fotografia de luz visível do lado frontal e o verso da obra foram: f/ 5.6, tempo de exposição 1/30 e ISO 100.

A técnica fotográfica de luz rasante permite o registro de irregularidades do suporte, como ondulações e deformações (ROSADO, 2011). Para esta fotografia, as luzes do estúdio foram apagadas, e uma fonte de luz, que neste caso foi uma lanterna, foi colocada de forma tangencial em relação à obra. As configurações de câmera usadas foram f/ 4, tempo de exposição 1/5 e ISO 100.

A fotografia de luz reversa, ou de luz transmitida, é uma técnica que em que uma fonte de luz é emitida no verso da obra, atravessando-a (ROSADO, 2011). As configurações de câmera usadas foram abertura f/4, tempo de exposição 1/5 e ISO 100.

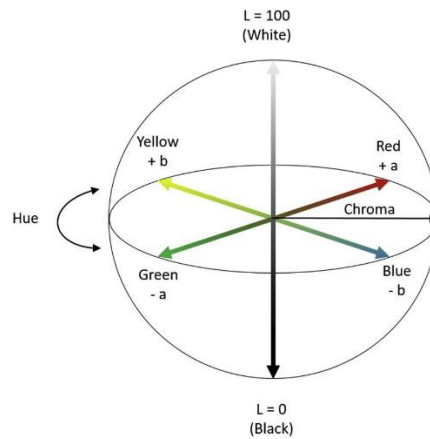
Por fim, o Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio da IFUSP define a fotografia de fluorescência ultravioleta como uma técnica em que a

fluorescência causada pela radiação de uma fonte de luz UV é registrada. Componentes da obra podem fluorescer de formas diferentes, não visíveis ao olho humano; assim, essa fotografia pode revelar muitas informações sobre a obra que não são visíveis através de exames organolépticos. Para a realização dessas fotografias, foram utilizadas Lâmpadas de Wood, fontes de luz ultravioleta, projetadas sobre a obra. As demais fontes de luz do estúdio foram desligadas. O uso de óculos protetores que bloqueiam a luz UV também foi usado pelos operadores. As configurações de câmera usadas para registrar a frente da obra foram abertura f/7.1, tempo de exposição 10 segundos, e ISO 100. No verso, as configurações foram as mesmas, com exceção da abertura, que foi de f/5.6.

Considerando que o objetivo principal da restauração era o de atenuar as manchas no suporte, foi decidido fazer uso da técnica de colorimetria, usada para determinar a percepção humana da cor matematicamente, através da matiz saturação e intensidade (LEÃO, 2011). Neste trabalho, a colorimetria foi usada para que se fizesse a medição dos tons da obra antes e depois do tratamento, visto que o objetivo é amenizar as áreas de manchas, tornando-as mais claras. Uma das etapas importantes para a documentação por imagem e a colorimetria foi a escolha do papel utilizado como base para fotografar o objeto de estudo e para os testes de colorimetria. Para tanto, esta base deveria ter pouca ou nenhuma fluorescência, para não fluorescer na fotografia UV; para além disso, também deveria ser o mais neutra possível, não tendo tom amarelado ou avermelhado, por exemplo, para que não afetasse os resultados do teste de colorimetria. Para tanto, foram testadas a fluorescência de vários papéis no estúdio de fotografia, expondo-os à luz negra, da marca GE, modelo BCB, 120 cm.

O equipamento usado para a medição da colorimetria é o espectrofotômetro, modelo i1Pro, da empresa X-Rite. São tomadas as medidas dos pontos L (luminância), a (variação da cor entre vermelho e verde) e b (variação da cor entre amarelo e azul). A base de suporte da obra deve ser o mais neutra possível, para que não afete as medições da gravura ou a captura de imagens. Conforme representado na figura 1, a luminância, que é o ponto L, varia entre 0 a 100, em que 0 é a ausência de luminosidade e 100 é o máximo. Os pontos a e b variam entre -127 a +128.

Figura 1 – Representação de cores L*a*b



Fonte: CHIEN, 2019, p. 5.

Para a realização da colorimetria, é calculado a variação do delta E, que, de acordo com Leão (2011), é definido como a alteração entre duas amostras de cores através de seus valores no formato L, a e b. A partir da variação numérica, é medida a variação cromática perceptível pelo olho humano, entre 0 (ou seja, variação muito baixa) a 100, (distorção completa da cor). O delta E é calculado de acordo com a fórmula apresentada na figura 2:

Figura 2 – Fórmula do Delta E

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Fonte: LEÃO, 2011, p. 28.

Nos testes de colorimetria foi necessário definir quais áreas seriam medidas para que fossem, posteriormente, comparadas. Assim, foram escolhidas áreas manchadas em relação à sua intensidade, conforme apresentado na figura 3, de forma que a área 1 são zonas levemente manchadas, a área 2 são áreas de manchas médias e a área 2 são áreas de manchas fortes, como pode ser visto no esquema abaixo.

Figura 3 – Marcação das áreas de manchas no objeto de estudo

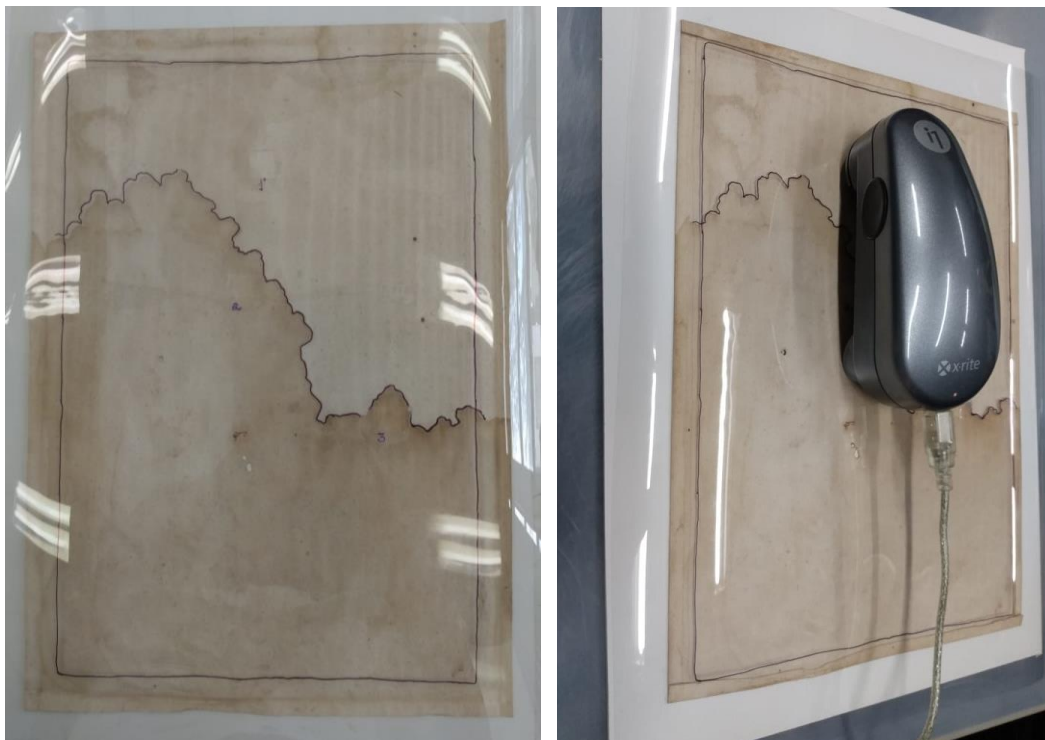


Fonte: Autora, 2022.

Após as demarcações das zonas em relação à intensidade das manchas, foi feita uma máscara de poliéster, com janelas de 1,3 x 1,3 cm, para que as medidas coletadas pelo espectrofotômetro fossem realizadas exatamente nos mesmos pontos, antes e depois do tratamento. Foram feitas 3 janelas, correspondentes aos 3 tipos de zonas determinadas (figura 3). Esta máscara de poliéster está representada na figura 4.

Em cada uma dessas áreas (figura 4), foram feitas três medições, e em seguida, foram calculadas as médias e o delta E dos pontos antes e depois do tratamento. Além disso, o delta E dos pontos 1 e 3 também foi calculado, pois eram os pontos de maior diferença de cor na gravura. Assim os pontos L, a e b tanto da base quanto dos 3 pontos de manchas na gravura foram medidos. As imagens e dados gerados estão apresentados na seção de tratamentos, na subseção de testes.

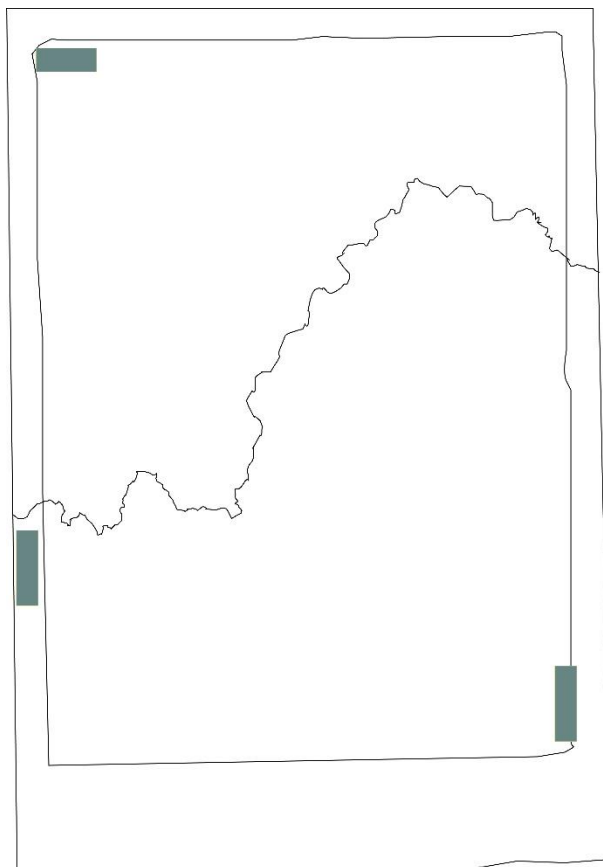
Figura 4 a) Máscara de poliéster e b) espectrofotômetro



Fonte: Autora, 2022

Testes de solubilidade e pH foram conduzidos para avaliar a resistência do suporte e da tinta às soluções propostas para utilização no tratamento e o índice de acidez presente no papel. Para testar a solubilidade, usou-se água deionizada condicionada com Hidróxido de Cálcio com pH 7 e pH 10, e água deionizada e álcool etílico, na proporção de 1:1. Os locais escolhidos para os testes são indicados na figura 5, abaixo:

Figura 5 - Esquema de localização dos testes de pH e solubilidade



Fonte: Autora, 2022

Foram escolhidos três pontos escolhidos no verso da obra: uma área sem tinta, na borda, e duas áreas com tinta: uma do lado inferior direito, com maior quantidade de tinta concentrada neste ponto e outra na parte superior esquerda, em que havia tinta em menor quantidade, e assim, possíveis reações poderiam ser vistas mais facilmente.

As medições de pH foram realizadas com fita de pH, da marca Merck, antes de todo o tratamento, durante os tratamentos aquosos por capilaridade, durante o procedimento de clareamento e do banho de reserva alcalina e, por fim, após o fim dos tratamentos, depois da secagem da obra. Além da obra, foram medidas também as soluções utilizadas nos tratamentos: antes, para controle do pH em contato com a obra; durante o tratamento, para averiguar a mudança do pH da solução e a estabilização do pH da obra; e após o fim do tratamento para avaliar a estabilidade química do artefato.

Para o tratamento de limpeza e estabilização do pH foi escolhido o método do sistema de capilaridade com o uso de Paraprint OL 60¹, conforme indicado por Susanne Kirchner (Kapillarreinigung. Eine schoenende Methode der Feuchtreinigung in der Papierrestaurierung, 2001), em tese desenvolvida na Universidade de Ciências Aplicadas de Colônia.

Para a condução do clareamento solar, a primeira etapa foi a escolha de um filtro UV, para proteger a obra deste durante o tratamento, o que é, naturalmente, fundamental. Foram medidos 6 tipos de materiais com um equipamento de medição de UV, chamado espectrômetro, do fabricante Thor Labs, modelo CCS 200: a) poliéster, citado por autores como Keyes (1982) e Baker (1982) como filtro UV em clareamentos por luz solar e artificial; b) plástico comum²; c) plástico sete camadas³; d) acrílico lixado; e) acrílico fosco e f) acrílico liso. Dos seis materiais citados, o que demonstrou melhor desempenho na função de filtro UV foi o acrílico lixado, cujo desempenho como filtro UV está demonstrado na figura 6, d. O espectro UV está representado no gráfico pela cor vermelha; a cor verde é o espectro alcançado pelo material testado. Ou seja, quanto mais próximo da cor vermelha, pior o desempenho do material enquanto filtro UV. Os dados mostrados nos gráficos foram gerados durante a disciplina Fotografia Expandida, ministrada pelo professor Alexandre Cruz Leão no segundo semestre de 2022. Os resultados dos testes podem ser vistos nos gráficos abaixo:

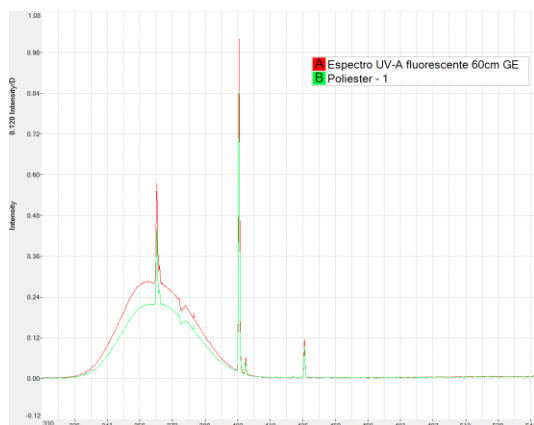
¹ Trata-se de um material branco e poroso do tipo tecido não tecido de viscose, que é uma fibra artificial de celulose. É utilizado em vários setores industriais, como aplicações médicas, e tem tido seu uso aplicado também na área de conservação e restauração. Algumas de suas características são a ação forte de capilaridade, sua alta capacidade de difusão e de absorção de umidade e sua estabilidade física.

² Material encontrado no armário de suprimentos do Laboratório de Conservação e Restauração de Documentos Gráficos e Fílmicos – LaGrafí.

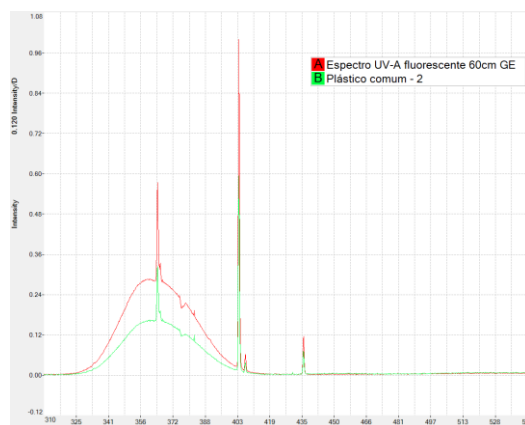
³ Material encontrado no armário de suprimentos do Laboratório de Conservação e Restauração de Documentos Gráficos e Fílmicos – LaGrafí – utilizado em práticas de desinfestação por atmosfera anoxia.

Figura 6 – Medições do desempenho dos materiais como filtro UV

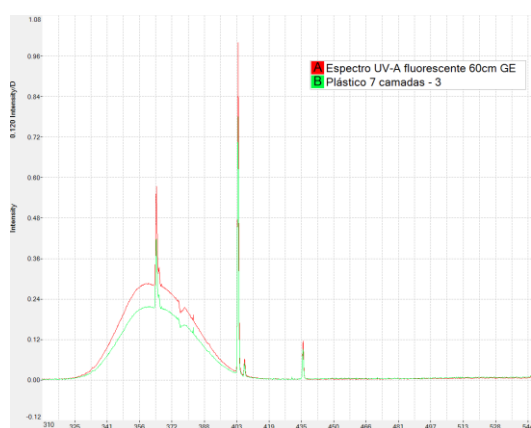
a) Poliéster



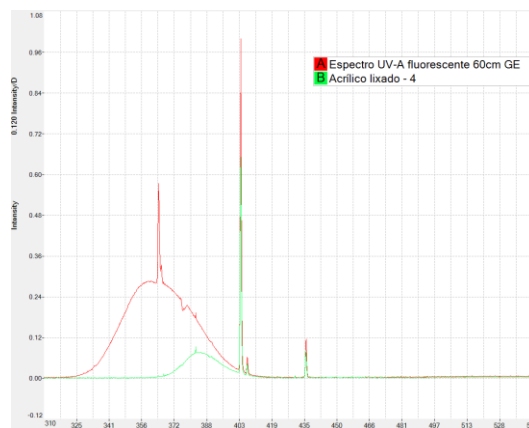
b) Plástico comum



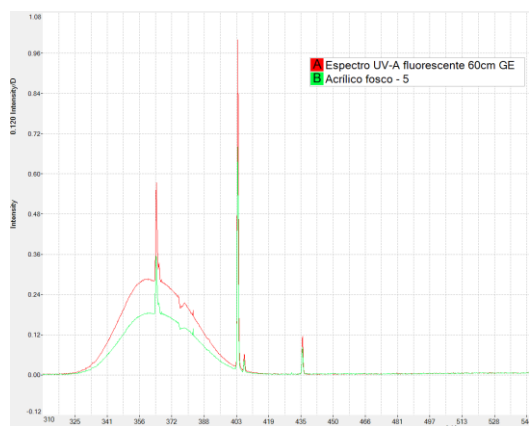
c) Plástico sete camadas



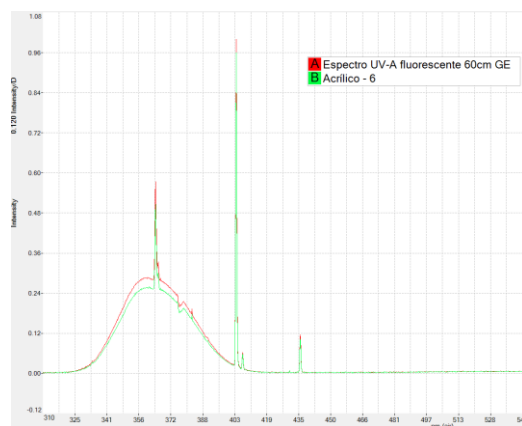
d) Acrílico lixado



e) Acrílico fosco



f) Acrílico



Fonte: Alexandre Leão, 2022.

Como é possível identificar nos gráficos acima, o material indicado na figura 6(d), acrílico lixado, é o que tem a maior capacidade de filtrar a luz UV, ainda que não seja filtrada por completo. Assim, este foi o material escolhido para ser usado como filtro UV no clareamento solar da gravura.

A metodologia utilizada para o clareamento solar foi a técnica de “sanduíche”, utilizada por Keiko Keyes (1982), visto que havia o objetivo de não expor a obra a imersão em solução por tanto tempo, conforme restauradores como Verbog (2012) e Bruckle (2009) relatam que seja melhor evitar; adicionalmente, foram utilizados um filme poliéster sobre a obra, para proteção, já que o clareamento foi conduzido em ambiente externo, ou seja, não dentro do laboratório de papel, e em cima da bandeja, o filtro UV escolhido, conforme indicado no parágrafo anterior.

Neste trabalho, os capítulos estão organizados da seguinte forma: o presente capítulo apresenta a metodologia de trabalho, como já visto; no capítulo 2, há uma síntese do levantamento bibliográfico sobre o clareamento por luz e seus procedimentos, além de uma discussão sobre a degradação da celulose e de aspectos éticos na conduta dos profissionais de restauração que fazem este procedimento. No capítulo 3 a obra de arte é apresentada, com a sua descrição, estado de conservação e por fim, o tratamento realizado e as suas justificativas. As considerações finais serão feitas no capítulo 4.

2 Clareamento

Segundo Pérez et al. (2021), o clareamento pode ser definido como o processo de branqueamento do papel por meio da aplicação de agentes químicos ou da exposição à luz. Entretanto, há outras questões importantes sobre o procedimento, que é invasivo, complexo, irreversível e de resultado altamente subjetivo, ou seja, de acordo com os parâmetros e gosto pessoal do profissional que o aplica (Bruckle e Henniges, 2017). O clareamento deve ser feito como último recurso para melhorar a aparência da obra da forma mais cuidadosa possível; a complexidade do procedimento demanda habilidade, conhecimento e segurança do técnico-científico do profissional. No entanto, seria interessante para o desenvolvimento da técnica, e a redução dos riscos, por exemplo, a ampliação da discussão sobre o clareamento e seus modos de fazer.

A proposta deste capítulo é apresentar o método de clareamento por luz solar e artificial e a discussão promovida pelos autores selecionados. Serão mostrados alguns procedimentos de clareamento por luz artificial e solar, bem como materiais usados, os métodos com que cada processo pode ser feito, considerando tanto autores de textos clássicos, da década de 1980, até os autores mais recentes; por fim, serão feitas

discussões a respeito da degradação da celulose e a questões éticas sobre o tratamento.

2.1 Procedimentos de clareamento por luz:

Os procedimentos de clareamento por luz podem ser feitos através da exposição de um objeto à luz solar ou artificial. O uso da luz solar tem benefícios muito interessantes, principalmente quando em comparação com os reagentes químicos; já a luz artificial começou a ser usada para potencializar os benefícios da luz solar, com mais segurança e controle da incidência luminosa e das condições ambientais em que o procedimento é feito. É importante ter em perspectiva que muitas das primeiras experiências de clareamento solar não foram devidamente documentadas. Serão apresentados a seguir os procedimentos de clareamento solar e por luz artificial relevantes para a área de restauração.

2.1.1 Clareamento com luz solar:

2.1.1.1 Banho de imersão

Uma das técnicas de clareamento mais relatadas por restauradores é o banho de imersão, que é feito numa solução alcalina, quando o suporte pode ser imerso em água, ou seja, quando está resistente e não há solubilidade das tintas. A restauradora Keiko Keyes (1982) relata sua própria experiência com o clareamento por luz solar com banho de imersão numa solução de água misturada com bicarbonato de magnésio, numa concentração de 2%, na proporção de 5:1. Diversas concentrações foram testadas e relatadas por outros restauradores (SCHAEFFER et al, 1996), entretanto, de forma geral, essa solução é colocada numa bandeja grande o suficiente para receber o papel, que deve ficar imerso numa profundidade de 1cm a 2.5cm abaixo da superfície da água. A exposição ao sol deve ter entre 2 a 4 horas e, caso necessário, a solução pode ser trocada. Depois da exposição ao sol, os objetos são imersos em banhos de água pura, seguido de tratamento de desacidificação.

Em 2002, Francisca Figueira (FIGUEIRA; FERNANDES; FERREIRA, 2002) relatou um experimento de clareamento por luz solar em que os papéis foram lavados antes, para retirar produtos de degradação solúveis em água, o que já reduz o nível de amarelecimento do papel. Após a secagem do papel e avaliação de suas condições após a primeira fase, deu-se prosseguimento ao tratamento com a exposição à luz solar da obra imersa em uma solução de hidróxido de cálcio com pH 9, usando um filme

poliéster de 75 µm como filtro de proteção UV. Depois de uma hora de tratamento, já era possível ver a redução das manchas das obras clareadas.

Outro experimento interessante feito com banho de imersão foi liderado por Janice Mae Schopfer (CHIN, 2013), chefe do Laboratório de Conservação de papel do Museu de Artes de Los Angeles (LACMA). Por se tratar de uma obra de arte de grande formato, o clareamento por luz artificial seria muito difícil de ser realizado. Assim, foi criada uma estrutura para que a obra fosse clareada por luz solar. Uma base de madeira, com a função de bacia, foi construída por um dos membros da equipe; uma camada dupla de folha de polietileno foi posicionada sobre a bacia; em seguida, aproximadamente 75 litros de água foram colocados nela, e a água foi alcalinizada levemente.⁴ A obra foi umidificada antes de ser imersa nessa bacia, e foi transferida com o uso de um suporte secundário, por duas pessoas, devido ao seu tamanho. Apesar de não relatarem o tempo de exposição, houve, como normalmente em todos os procedimentos de clareamento por luz, o monitoramento progressivo do nível de clareamento alcançado.

Outra pesquisadora que descreve um método de clareamento por luz solar por imersão é Cathleen Baker (1982): obra é pré-umidificada e então é inserida em uma bandeja preenchida com água deionizada ou destilada alcalinizada com bicarbonato de magnésio ou hidróxido de cálcio; durante o tratamento, a obra fica entre uma camada de filme poliéster e pelon e outra de filme de poliéster.

Para os casos em que o suporte é muito grande ou vulnerável, a autora sugere o uso de outra camada de material rígido, para proteção do objeto. Segundo ela, o filme poliéster posicionado sobre o objeto serve tanto para funcionar como filtro UV como para proteger o papel de partículas do ar, insetos, sujidades, etc. Apesar de que o tempo de exposição varie, como já dito, a autora afirma que este tempo é entre 3-4 horas, que pode ser feito entre 10:00 e 17:00. O progresso do clareamento pode ser feito por meio da checagem periódica, e assim que este objetivo é atingido, a solução pode ser jogada fora. Baker recomenda que a cada 5-10 minutos, o papel seja lavado em água deionizada. O objetivo desse passo é de lavar o papel de qualquer produto residual de degradação que esteja no papel. Em seguida, passa-se a etapa de secagem; caso seja necessário, o procedimento de clareamento pode ser repetido, até que se alcance o tom desejado. Caso a solução na bandeja fique muito suja, é necessário que ela seja trocada. A desacidificação após o fim do processo também é indicada.

⁴ Não foi relatado como a água foi alcalinizada ou o pH escolhido.

2.1.1.2 Técnica do “sanduíche”

A restauradora Keiko Keyes (1982) relata o uso da técnica do sanduíche, recomendada para suportes frágeis, que não podem ser imersos em água. Para fazê-lo, um papel mata-borrão um pouco maior que a obra é umidificado com a solução de bicarbonato de magnésio e água, que é a mesma feita no método de banho de imersão explicado anteriormente, e em seguida colocado numa placa de acrílico, com filtro UV. A obra, também umidificada com a mesma solução, é colocada em cima desse suporte, e coberto por uma camada de filme poliéster. Esta estrutura, que é o que a autora descreve como “sanduíche de umidade”, é colocado no sol. O papel mata borrão fornece a umidade e a alcalinidade, enquanto o filme poliéster os retém, conforme ela explica. Essa estrutura criada faz com que o papel permaneça úmido, tornando a aspersão frequente de água ou outra solução desnecessária. Porém, se deixado no sol simplesmente, essa estrutura de sanduíche pode se aquecer consideravelmente, o que faz necessário que a aspersão de água no papel seja feita para mantê-lo numa temperatura adequada. Este sanduíche pode ser exposto de 2 a 4 horas, dependendo da estação, e do grau de amarelecimento do papel. A autora lembra, ainda, que o papel deve ser virado durante a exposição, para que os seus dois lados recebam a luz solar.

Neste processo de clareamento, os descolorantes solubilizados são transferidos para o papel mata borrão. Depois que a irradiação foi completa, para os objetos que não suportariam um banho de imersão, a opção é colocá-los numa mesa de sucção e aí aplicar água com um pincel, trincha ou aspersor, a fim de retirar as substâncias solubilizadas que ainda permanecem no papel. Ela afirma, ainda, que após isso um procedimento de desacidificação deve ser feito.

2.1.2 Clareamento com luz artificial:

O clareamento com luz artificial foi desenvolvido para que os benefícios do clareamento por luz solar pudessem ser obtidos, mas com algumas vantagens, como a facilidade de controle da emissão de luz e por poder trabalhar com a obra em ambiente interno (Burgess, 1989). Nesta seção, alguns tipos de clareamento por luz artificial usando diferentes lâmpadas são descritos.

2.1.2.2 Lâmpadas fluorescentes - Dupla face

O sistema de clareamento por luz artificial dupla face foi desenvolvido para iluminar os dois lados do papel, diminuindo a exposição à luz e a imersão. Baker (1985), apresenta o sistema, criado na década de 80 por Christopher Tahk e desenvolvido ao longo dos

anos por vários pesquisadores, como a própria Baker. Em 1985, Mark Harnly criou o banco de luz dupla; foram usados na parte superior 8 tubos de lâmpadas fluorescentes da marca Norelco F40D /RS/EM, Luz do dia, 35 watts/tubo. O tubo utilizado foi de luz do dia porque foi descoberto que para efeitos de clareamento por luz seria melhor, por menor irradiação de luz UV.

Para melhorar o sistema de clareamento por luz, foi criada uma estrutura composta por uma mesa de luz e bandejas de clareamento transparentes, no laboratório de conservação de papel no departamento de conservação de arte na década de 1980, na *State University College* em Buffalo, Estados Unidos, conforme visto na figura 7. A ideia era criar uma iluminação suspensa, em adição à luz oriunda da mesa de luz. Os tipos de lâmpadas usados foram: Sylvania Cool White e General Electric Power Groove Cool White.

No experimento de Baker, a parte superior da estrutura continha 14 tubos de lâmpadas da marca Norelco, luz do dia. Foi construída em uma mesa de luz para o propósito de ser usado para clareamento. As lâmpadas são ligadas de forma individual, ou seja, é permitido ligar algumas e outras não. As laterais foram deixadas livres a fim de manter a solução o mais fria possível.

A autora descreve que as bandejas usadas foram especialmente feitas para esse experimento, usando cloreto de metileno para unir o policarbonato. Para que as fontes de luz superior e inferior tenham a mesma qualidade, foi colocada nas lâmpadas superiores uma camada de policarbonato.

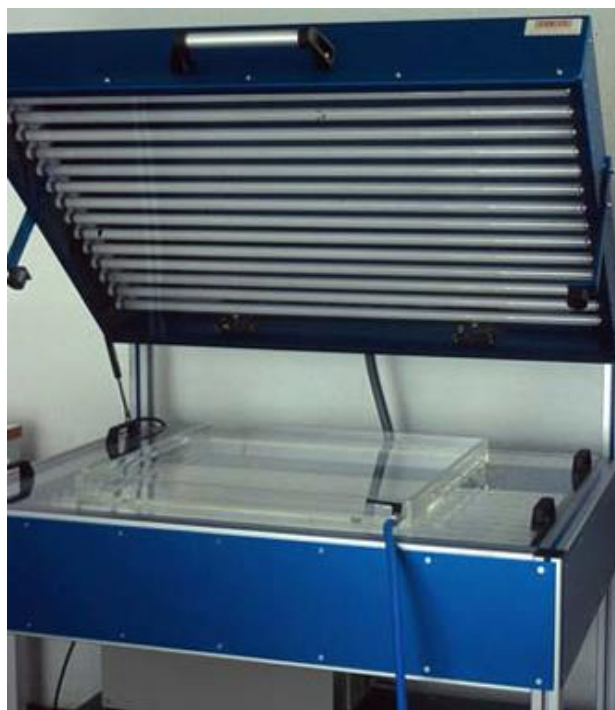
Essa estrutura parece ser indicada, entretanto, em tratamentos aquosos, já que a bandeja transparente com a solução alcalina é posicionada sobre uma mesa de luz, recebendo assim a iluminação por dois lados. Bruckle (2009) afirma que o equipamento desenvolvido com a ajuda de Baker foi comercializado nos anos 90, numa cooperação entre a Cooperstown Graduate Conservation Program e a e State Academy of Art and Design, em Stuttgart, através da empresa Becker Preservotec GmbH (figura 8). Versões atualizadas deste sistema ainda são colocadas em uso em muitos laboratórios de conservação de instituições de grande porte, como no Museu de Belas Artes de Boston e no Museu de Belas Artes de São Francisco.

Figura 7 - Estrutura de clareamento artificial dupla face, desenvolvida na década de 80 no Cooperstown Graduate Program, com a participação de Cathleen Baker.



Fonte: BRUCKLE, 2009, p. 284.

Figura 8 - Estrutura de clareamento artificial dupla face construída pela empresa Becker Preservotec GmbH. (1996)



Fonte: BRUCKLE, 2009, p. 284.

2.1.2.3 Lâmpadas de iodetos metálicos

Segundo Verbog (2012), as lâmpadas de iodetos metálicos começaram a ser usadas na conservação, especificamente no clareamento por luz artificial em 2001, por Roy Perkinson. Essas lâmpadas são uma boa alternativa às lâmpadas fluorescentes que vinham sendo usadas até então, porque como são mais fortes, requerem um tempo de exposição à luz menor; assim a exposição do suporte à umidade (já que os procedimentos de clareamento por luz são sempre aquosos) também é reduzido. Na figura 9, está representado uma estrutura criada para o clareamento por luz artificial com as lâmpadas de iodetos metálicos, no laboratório de conservação de papel do Museu de Belas Artes de São Francisco.

Figura 9 - Estrutura usada para clareamento de luz artificial com lâmpadas de iodetos metálicos no laboratório de conservação de papel do Museu de Belas Artes de São Francisco. (2002)



Fonte: BRUCKLE, 2009, p. 285.

Em um experimento liderado por Pérez (Pérez et al, 2021), foram feitos dois tipos de clareamentos em amostras de tipos diferentes de papéis, a fim de comparar os resultados dos clareamentos por luz artificial e o reagente químico peróxido de hidrogênio. No caso do clareamento por luz, cujo esquema está representado na figura 10, o experimento foi feito da seguinte forma: as amostras foram umidificadas com uma solução de água e álcool 1:1 antes de serem colocadas numa bandeja com a solução aquosa de hidróxido de cálcio, de pH 9. Esta solução alcalina tinha o objetivo de

neutralizar substâncias ácidas que estivessem nas amostras. O pH foi atingido com 3,3% de solução saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em água. As amostras foram expostas à luz artificial por intervalos pré-estabelecidos de 3, 6 e 9 horas. As soluções foram trocadas a cada intervalo de tempo. Os autores do estudo afirmam que, perante as recomendações de Schopfer (2012) de que a fonte de luz deve ficar entre 60 a 180 cm de distância do objeto a ser clareado, foi decidido manter uma distância de 68 cm paralelamente entre a fonte de luz e as amostras. Apesar das lâmpadas terem em suas especificações que têm emissão de luz ultravioleta restrita, foram equipadas com um filtro de luz UV. Antes da exposição das amostras à luz, as lâmpadas permaneceram ligadas por três minutos para que alcançassem um nível de estabilidade. Depois do tempo de exposição, as amostras foram colocadas entre papéis mata-borrão para secagem.

Figura 10 - Vista da técnica de clareamento por luz artificial usada no experimento.



Fonte: PÉREZ, 2021, p. 187.

Outro método interessante e recente, que associa os clareamentos por luz, com lâmpadas de iodetos metálicos e por reagentes químicos é apresentado por Bruckle e Henniges (2017). O procedimento do clareamento é feito numa litogravura da técnica Chine-Collé⁵, datada de 1960. O tratamento foi feito como parte de um projeto de

⁵ A Chine-Collé é uma técnica em que papéis mais finos são aderidos à um suporte, geralmente de papel mais grosso e de maior tamanho. Estes materiais são colocados numa prensa, podendo

conservação realizado na Stuttgart Academy. A gravura apresentava amarelecimento, manchas de foxing, e manchas intensas nas bordas. As manchas foram classificadas em 3 zonas: 1 - severas e locais, 2 - moderadas e locais ou em áreas maiores e 3 - brandas em áreas maiores. Quando feita a avaliação inicial, foi decidido que o tratamento era esteticamente necessário e tecnicamente possível, com poucos riscos. A premissa deste projeto, segundo as autoras era a experimentação para reflexão sobre o controle de riscos e a tomada de decisões.

A primeira etapa do tratamento foi iniciada com três lavagens seguidas. Um sanduíche de papel mata borrão úmido, com a obra entre eles, foi usado para umidificar a obra, pressionando-a, sem causar delaminação entre os dois papéis aderidos. Em seguida, foi feita lavagem por flutuação; depois disso a obra foi colocada na mesa de sucção para enxágue e remoção de produtos de degradação no papel. Logo após, foram dados banhos de imersão na obra, visto que depois de todas as etapas mencionadas, foi concluído que o risco de delaminação era pequeno se a obra fosse exposta a uma quantidade maior de água.

A segunda etapa do procedimento foi o clareamento. Foram escolhidos dois métodos: o clareamento por luz artificial, feita com lâmpada de iodetos metálicos de luz do dia, 400W, da marca Osram, e com peróxido de hidrogênio. Os dois métodos foram feitos separadamente, levando em consideração as três intensidades de amarelecimento.

No clareamento por luz artificial, diferente de outros métodos, a gravura foi colocada imersa em água pura, e não numa solução alcalina. Foi criada uma estrutura para que a gravura, inclinada, recebesse pelo verso água vinda de um reservatório resfriado por um saco de gelo. Essa decisão foi tomada, provavelmente, para evitar que a água esquentasse, problema relatado por diversos autores quando apresentam as desvantagens da luz artificial. A área da gravura foi protegida com uma camada de filme poliéster, e em cima dela, uma folha laminada opaca. Então, a gravura foi exposta à luz das lâmpadas de iodetos metálicos por uma hora.

Depois do clareamento por luz artificial, foi iniciado o clareamento por peróxido de hidrogênio. Foram feitas soluções aquosas com concentrações de 2 e 3%, com água deionizada com pH alterado para 9 com o uso de hidróxido de cálcio.

As áreas do suporte onde não havia cores foram, então, clareadas por luz (níveis 1-3 amarelecimento). O objetivo desse procedimento foi de aumentar o brilho geral da obra,

ou não ter adesivo entre eles para reforçar a adesão entre os papéis. O resultado é que a impressão obtida tem um pano de fundo delicado, em termos de cor ou de textura.

bem como o de reduzir as manchas mais escuras. A gravura foi, então, enxaguada e seca para avaliação. Finalizada esta etapa do clareamento por luz, seguiu-se para o clareamento com peróxido de hidrogênio. Foi usada a solução de 3% de concentração, focando nas áreas selecionadas como 3 (manchas intensas), aplicando com trincha no papel seco. Novamente, foi exposta à luz. Em seguida, foi aplicada a solução de peróxido de hidrogênio, concentrações 2 e 3%, por nebulização com um frasco plástico, reduzindo as manchas de amarelecimento das áreas 2 e 3. Por fim, o verso foi exposto à luz por uma hora.

De forma geral, a frente da obra foi exposta à luz por 90 minutos, e o verso por 60 minutos. O uso de solução de peróxido de hidrogênio na zona 3 demandou 190 minutos, e na zona 2, 60 minutos. Os enxágues feitos depois do clareamento foram 3 banhos de 10 minutos cada com água deionizada, seguidos por dois outros banhos de 10 minutos cada, com hidróxido de magnésio e cálcio (concentração 1000 ppm).

Em relação aos resultados finais, as áreas de amarelecimento ficaram mais brilhantes; as manchas das áreas 2 e 3 foram atenuadas, não eliminadas por completo. O uso alternado do clareamento geral e local diminuiu o risco de clareamento excessivo, de acordo com as autoras e condutoras do experimento (BRUCKLE; HENNIGES, 2017).

2.2 Relação dos Materiais e equipamentos empregados

2.2.1 Agentes de alcalinização

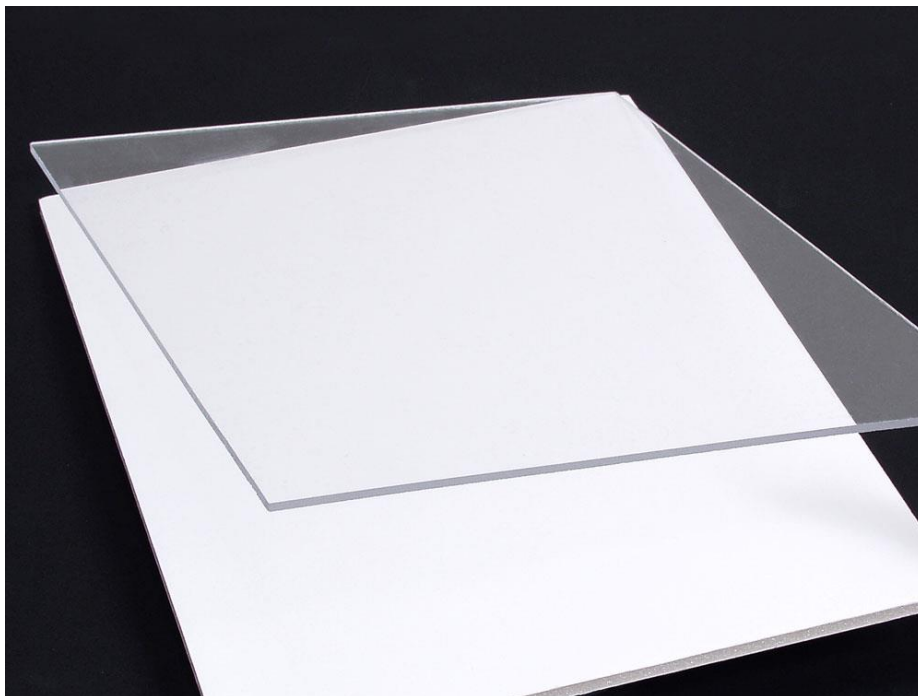
Os agentes de alcalinização são imprescindíveis no procedimento de clareamento, visto que a própria ação de clarear acidifica o papel (BRUCKLE, 2009). Em relação a solução de bicarbonato de magnésio, Keyes (1982) explica que os íons de magnésio retardam a degradação da celulose em processos de clareamento oxidantes, através da desativação da ação catalítica das impurezas metálicas como ferro e cobre presentes no papel. O bicarbonato de magnésio é um dos reagentes químicos de alcalinização. Baker (1982) utiliza como agentes de alcalinização bicarbonato de magnésio e hidróxido de cálcio.

Os materiais que podem ser usados nos procedimentos descritos por Baker (1982) foram bicarbonato de magnésio, hidróxido de cálcio, água deionizada, bandeja, filme de poliéster 5 µm, filtros de luz UV. O bicarbonato de magnésio e o hidróxido de cálcio são agentes de alcalinização usados nas soluções alcalinas em que o papel será imerso.

2.2.2 Filtros UV

Há diversos tipos de filtros de UV utilizados pelos restauradores nos processos de clareamento. Keyes (1982) cita como um deles uma placa de acrílico com filtro UV (figura 11), que bloqueia cerca de 97% da luz violeta, e além de filtrar a luz UV, bloqueia também uma parte das cores violeta e azul do espectro do sol, segundo ela. Devido ao uso deste filtro, o amarelecimento é reduzido, tornando necessário que a exposição ao sol seja feita por maior tempo, entre 1 a 3 horas a mais, dependendo da estação do ano e do nível do amarelecimento do papel. Mas seu uso é imprescindível, visto que a luz ultravioleta traz danos ao papel, que é justamente o que os profissionais de restauração éticos objetivam tentar evitar.

Figura 11 – Placa de acrílico



Fonte: Archival Methods, 2022.

O filme poliéster, que tem diversos usos na restauração, vem sendo usado também como um tipo de filtro UV, por restauradores como Baker (BAKER, 1985) e Francisca Figueira (FIGUEIRA; FERNANDES; FERREIRA, 2002). Entretanto, não foi explicado pelas autoras qual é a confirmação de que este material funciona como filtro de UV, ou, talvez, se era um tipo diferente dos filmes usados recentemente. Em testes realizados no iLab, na disciplina Fotografia Expandida, ministrada pelo professor Alexandre Leão, foi comprovado que o filme poliéster bloqueia muito pouco dos raios ultra violeta, não podendo ser utilizado como filtro, como visto anteriormente.

2.2.3 Lâmpadas

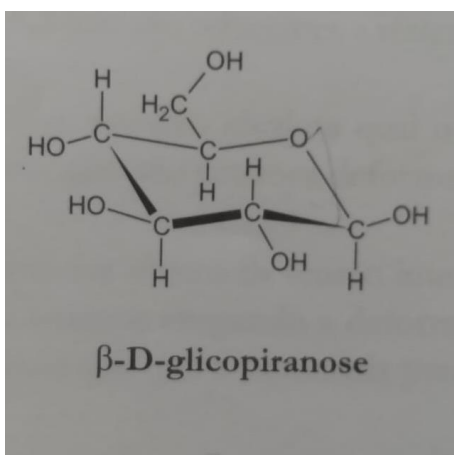
Há muitos tipos de lâmpadas relatados nos experimentos dos restauradores. Baker, por exemplo, descreve ter usado lâmpadas LEP (Light Emitting Plasma) intensidade de 2,75 –11,1 amperes e uma potência de entrada de 290 W, em experimentos conduzidos nos anos 90. Recentemente, porém, as lâmpadas de iodetos metálicos vêm sendo mais usadas nos procedimentos de clareamento, por serem mais potentes e assim, demandarem menor tempo de exposição à luz, como já mencionado, pela restauradora Marion Verbog (2012).

2.3 A degradação da celulose nos tratamentos de clareamento

O papel é formado por vários componentes, como a celulose, hemicelulose e a lignina, no caso de papéis de madeira. O primeiro composto, a celulose, é o principal, e os dois últimos são o que fazem o papel mais suscetível à degradação (CURA D'ARS, 2012).

A celulose é o componente mais importante do papel. É um polímero do grupo de carboidratos, e tem a estrutura molecular conforme demonstrada na figura 12:

Figura 12 – Estrutura molecular da celulose



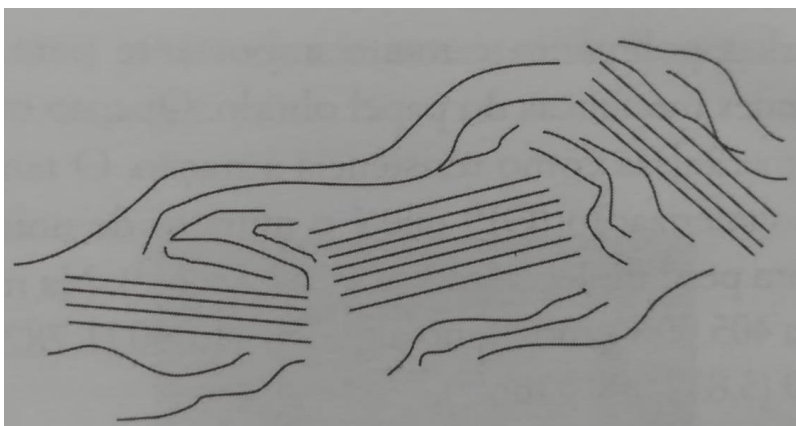
Fonte: CURA D'ARS, 2012, p.124.

Segundo Cura D'ars (2012), quanto maior a cadeia polimérica da celulose, melhores serão as propriedades mecânicas do papel produzido, ou seja, impactam a própria durabilidade e preservação do papel, ainda que existam outros fatores a serem considerados. Assim, quanto maior o grau de polimerização da celulose, mais estável será, e por consequência, o papel.

Cura D'Ars (2012) ainda explica que a estrutura da celulose se organiza de forma amorfa ou cristalina, conforme ilustrado na figura 13. De acordo com Reyden (1992), as áreas

cristalinas, que são ordenadas e rígidas, são relativamente impermeáveis; por outro lado, as regiões amorfas são desorganizadas, flexíveis, e onde a água consegue penetrar. Geralmente, nas regiões amorfas do papel que ocorrem as deteriorações (e onde os reagentes químicos de clareamento agem também, preferencialmente, assim como qualquer solução aquosa).

Figura 13 – Regiões amorfas e cristalinas do papel



Fonte: Cura D'ars, 2012, p.126.

Para a preservação do papel, a estabilidade e qualidade da celulose é muito importante. Antes de discutir os fatores externos que levam à degradação da celulose, é necessário considerar as características intrínsecas do material feito a partir da celulose. Por exemplo, um papel produzido com polpa de madeira e alto índice de lignina tem um grau de polimerização baixo, terá menos resistência mecânica do que um papel de aquarela produzido com alto percentual de polpa de algodão e com grau de polimerização muito maior, tornando-o mais resistente mecanicamente. Ou seja, o próprio material, devido à sua estrutura química já tende a se degradar mais facilmente. Dessa forma, é possível afirmar que mesmo em condições ideais de acondicionamento e manuseio, um papel de grau baixo de polimerização será mais frágil, e portanto, terá vida útil menor do que um papel com grau alto de polimerização.

Em relação aos fatores externos ao material que causam a degradação da celulose, são diversos os que causam a degradação da celulose. Há os mais conhecidos como radiação UV e condições atmosféricas inadequadas, como temperatura e umidade relativa. A oxidação do papel, por exemplo, é acelerada pela presença da luz ultravioleta e tem sua reação catalisada pelo ferro e cobre, que são componentes geralmente presentes em papel. A exposição de materiais orgânicos à luz ultravioleta causa danos como amarelecimento, fragilização e desintegração dos materiais (MICHALSKI, s.d.). O amarelecimento causado pela luz UV é facilmente percebido em papéis de baixa

qualidade e de celulose com baixo grau polimérico, como o jornal, por exemplo. Assim, é possível afirmar que a exposição à luz UV deve ser evitada ao máximo a fim de reduzir as degradações que pode causar nos objetos. Quando expostos, algum tipo de filtro UV deve ser utilizado, já que, mesmo que a deterioração não seja rápida, ela precisa ser impedida. Dessa forma, o clareamento por luz sempre precisa utilizar filtros UV.

A coloração dos papéis se dá devido a presença dos grupos cromóforos em sua molécula. Estes grupos são responsáveis pela cor de um objeto, e no caso dos papéis, são responsáveis também pelo seu amarelecimento durante o processo de degradação. Há dois tipos principais de grupos cromóforos encontrados nos suportes de papel: as ligações duplas conjugadas e os complexos metálicos em moléculas orgânicas. Grupos carbonila e carboxílicos presentes em componentes como a celulose e a lignina contém ligações duplas, que absorvem a maior parte da luz. O clareamento tem o objetivo de quebrar estas ligações duplas, destruindo os grupos cromóforos, resultando na diminuição do amarelecimento dos papéis. Um importante fato apontado por Marion Verbog é que o clareamento por luz, em termos químicos, está relacionado ao clareamento oxidativo moderno usado na fabricação de papel com oxigênio, ozônio ou peróxido de hidrogênio. Estes agentes químicos são produzidos a partir de água e oxigênio presentes no banho pela energia da radiação, conforme a equação abaixo:



Ou seja, a ação da luz causa reações oxidativas que destroem os grupos cromóforos, porém geram resíduos danosos à celulose que, por serem solúveis em água serão posteriormente removidos durante o tratamento aquoso alcalino que se segue após qualquer tratamento de clareamento (VERBOG, 2012).

Os agentes clareadores, em sua maioria, reagem por oxidação da mancha. O borohidreto de sódio, por sua vez, é também um agente redutor, que pode reagir positivamente com a própria celulose, tornando-a mais estável, não amarelada. Hey (1977) explica que as possibilidades de degradação da celulose por clareamento são a quebra imediata da cadeia de celulose e a oxidação da cadeia de celulose. Quando os grupos carbonila estão mais presentes na celulose, esta terá tendência a amarelecer. Tais grupos também tornam mais fácil o dano por ácidos ou álcalis cáusticos a celulose. Além disso, a oxidação em si pode causar o aparecimento dos grupos carboxílicos. Se neutralizados, estes grupos são inofensivos. Caso contrário, sua acidez fará com que a cadeia celulósica tenha quebras mais facilmente. Os grupos carbonila e carboxílicos,

simultaneamente, causam ainda maior amarelecimento da celulose. Portanto, quando são neutralizados no processo de clareamento, a cadeia de celulose tende a se tornar mais estável, menos ácida, menos suscetível a degradações como manchas e descolorações, tornando o suporte visivelmente mais claro. Entende-se a partir disso que o processo de clareamento, independentemente do método, pode criar reações adversas para o suporte, mas quando feito apropriadamente, estas mesmas reações podem ser evitadas ou reduzidas (HEY, 1977).

Smith (2012) discute a respeito dos procedimentos de clareamento, que tem o objetivo de neutralizar os grupos cromóforos da celulose, que as dão cor e também são resultado de deterioração do suporte. Em algumas situações, a imersão em soluções alcalinas e o próprio enxágue com água já pode retirar bastante produtos de degradação da celulose, como também afirmado por Marion Verbog (2012). Entretanto, o uso dos reagentes químicos nos processos de clareamento tem ações mais pontuais nos grupos que causam a oxidação da celulose. No caso do clareamento por luz, em que os papéis também são umidificados ou imersos em soluções alcalinas, a intenção é a de neutralizar os ácidos presentes na celulose, afetando assim a sua cor. Por isso, em processos de clareamento em que todo o suporte é tratado, todo o papel é clareado, não só as áreas de manchas.

Reagentes químicos, mesmo os mais “inofensivos” podem causar degradação na celulose, reduzindo seu grau de polimerização. É o que afirma Zeronian (1995), num estudo que mostra que o peróxido de hidrogênio, que inclusive vem sendo utilizado em procedimentos de clareamento recentemente, clareia o suporte, mas degrada a celulose. Verbog (2012) também relata que em um processo de clareamento por luz, houve a redução do grau de polimerização do papel. Ou seja, o próprio tratamento causa a degradação da celulose. Entretanto, é um processo natural porque mesmo que o papel (ou qualquer material celulósico) não seja tratado quimicamente para clareamento, há condições atmosféricas que causam a sua degradação de qualquer forma. Porém, essa degradação é lenta, principalmente quando a celulose do suporte é estável, quando seu grau de polimerização é alto. O clareamento, por qualquer método, pode acelerar a degradação da celulose. Quanto menor o domínio do restaurador a respeito da interação entre o método de clareamento e o suporte, mais perigoso pode ser o efeito do tratamento para a celulose; este é o motivo pelo qual Hey (1977) recomenda que os restauradores que conduzem este tratamento tenham maior domínio sobre esta interação (HEY, 1977). Também é um bom motivo para que o clareamento não seja conduzido por qualquer profissional, visto o risco presente, principalmente quando não

há conhecimento pleno sobre os métodos de clareamento utilizados, sobre o suporte e a sua interação, que como defendido por Hey, são questões diferentes para compreensão.

Analisando estudos sobre a degradação da celulose, é possível afirmar que, até o momento, todos os métodos de clareamento degradam a celulose de alguma forma, mesmo que não imediatamente após o procedimento. Então, é necessário que haja uma avaliação de riscos antes que o clareamento seja feito. É imprescindível fazer um tratamento que causa degradação, ainda que mínima e lentamente, do principal componente do papel? Em situações nas quais esse tratamento melhora os aspectos não só estéticos, mas os valores imateriais do objeto, ele pode ser feito, se conduzido de forma ética, como é discutido na próxima seção.

As pesquisadoras Henniges e Potthast (2009) demonstraram por meio de seus experimentos, em que testam uma variedade de métodos de clareamento, inclusive o por luz, que todos os métodos causaram algum nível de degradação na celulose, ainda que o peróxido de hidrogênio e o método por luz artificial tenham causado danos menos significativos, principalmente a longo prazo (e superiores em outros parâmetros analisados no experimento). Uma outra razão que explica o clareamento ser um procedimento controverso é o de que há o consenso de que a celulose deve ser protegida de danos o máximo possível (BRUCKLE, 2009, p. 289). Sobre isso, a restauradora ainda explica que:

This is especially problematic as the effects of bleaching are so far only studied with a few general paper types and testing conditions, which does not allow precise prediction of the potential damage done to real objects during bleaching that cannot undergo sufficient testing to elucidate this point. It is one major limiting and still less calculable factor in aged paper bleaching. At the worst, already degraded weakened cellulosic material may be further broken down with a critical paper stability loss. Unlike newly produced paper, historic paper that forms part of unique objects cannot be replaced.⁶

⁶ “Isso é especialmente problemático, pois os efeitos do clareamento até agora são estudados apenas com alguns tipos genéricos de papel e em algumas condições de teste, o que não permite uma previsão precisa do dano potencial causado a objetos reais durante o clareamento que não podem passar por testes suficientes para elucidar esse ponto. É um fator limitante importante e ainda menos calculável no clareamento de papel envelhecido. Na pior das hipóteses, o material celulósico degradado já enfraquecido pode ser ainda mais fragilizado com perda crítica de

Ou seja, o clareamento quando feito em objetos históricos com poucas informações disponíveis sobre seus materiais compositivos é ainda mais arriscado.

Mediante o exposto, também é importante considerar que o clareamento é feito em consequência de um processo de degradação da celulose, que torna o papel escurecido. Entretanto, o clareamento não é um tratamento para atenuar ou retardar a degradação da celulose; ele busca amenizar ou neutralizar seus efeitos, que são as cores e o brilho do papel. No entanto, o clareamento causa a degradação da celulose, mesmo que em níveis baixos ou a longo prazo, como foi demonstrado no experimento de Henniges e Potthast (2009). Portanto, é possível entender através desta discussão um dos motivos pelos quais o clareamento ser considerado controverso entre os restauradores. Para lidar com os riscos que são intrínsecos a ele, e reduzi-los consideravelmente, é preciso conhecer o objeto e o método de clareamento usado, tendo em consideração que a degradação da celulose é uma certeza, mas através da conduta ética, que será discutida na próxima subseção, é possível diminuir bastante esses riscos e tomar decisões adequadas para o suporte, pelo ponto de vista de seus valores imateriais, e não estéticos.

2.4 Aspectos éticos e filosóficos do tratamento de clareamento - discussão crítica

O clareamento é um procedimento de restauração que, apesar de ser uma prática antiga, traz consigo uma série de consequências. Pesquisadores como Hey (1977) defendem a necessidade de maior desenvolvimento de conhecimento técnico-científico dos profissionais que realizam o procedimento; outros mais atuais, além de defenderem o mesmo que Hey, ainda apontam outros problemas, como a questão da subjetividade do tratamento e a falta de diretrizes sobre um procedimento tão invasivo (Bruckle e Henniges, 2017). A discussão a respeito da ética no clareamento é significativa, visto que existem muitos pontos a serem analisados e seguidos para que o clareamento seja bem sucedido e praticado de forma ética. Assim, serão discutidas aqui questões sobre aspectos éticos e filosóficos do clareamento.

Como já explicado em seções anteriormente, o clareamento é um procedimento invasivo e complexo, que modifica a estrutura química do suporte irreversivelmente. Quando feito com reagentes químicos, é ainda mais agressivo para o suporte (Pérez et al, 2021). Assim, muitos restauradores e pesquisadores especializados neste tratamento sugerem

estabilidade. Ao contrário do papel recém-produzido, o papel histórico, parte de objetos únicos, não pode ser substituído.” (tradução da autora)

fortemente a sua realização somente após outros tratamentos de atenuação de manchas. Muitos artigos, desde clássicos como Hey (1977) e Burgess et al. (1989), aos mais recentes, como Anthony Smith (2012) e Irene Bruckle (2009) consideram o clareamento como a última alternativa de tratamento a ser considerada. Porém, simultaneamente à orientação de evitar ao máximo fazer o clareamento, e de fato, a maioria das instituições não fazerem o clareamento de forma corriqueira justamente por entenderem os riscos envolvidos, há casos em que instituições não aceitam expor obras com manchas fortes que impossibilitem a sua leitura ou apreciação. Uma solução para tornar o procedimento menos arriscado é o clareamento local de manchas. Há chances de reversão de cor depois do tratamento, tanto exposto à luz ou em salas escuras. O clareamento, por ser considerado um tratamento estético, não é feito com frequência, porque não ajuda o objeto a ser preservado por mais tempo, o que é uma das preocupações principais dos restauradores. São clareados objetos que, normalmente, serão expostos e que apresentam manchas muito fortes. Baker (1982) afirma ainda que muitos artefatos em papel foram danificados porque o restaurador se preocupou somente com a remoção da mancha e não na integridade do suporte que havia permanecido, até antes do clareamento, em condições ótimas. Uma das posturas éticas quanto ao procedimento é o de não perder de vista que a prioridade sempre é o objeto e seus valores imateriais; assim, o clareamento não pode afetar negativamente o objeto simplesmente pela vantagem de ser clareado por motivos estéticos. Alguns autores, como Burgess et al. (1989) afirmam que o clareamento por luz, tanto solar quanto artificial são, muitas vezes, menos arriscados e, portanto, mais interessantes pelo ponto de vista ético. Entretanto, é possível conduzir métodos de clareamento que não façam uso de luz de forma ética, é claro. A postura ética do conservador-restaurador está em seu conhecimento sobre os métodos usados e a sua associação com o suporte a ser tratado, tendo como prioridade, como já dito, os valores imateriais do suporte.

Bruckle e Henniges (2017) defendem que antes do clareamento ser feito, é necessário avaliar seus valores imateriais, como histórico, cultural e social, bem como sua raridade. Na maioria das vezes, estes valores são superiores ao valor estético do objeto. Isso significa, geralmente, que o clareamento não deve ser feito, principalmente se os objetivos são apenas estéticos.

Keyes (1982) parte da premissa de que o clareamento por métodos tradicionais, aqueles que envolvem agentes químicos, podem ser prejudiciais ao papel. Por isso, sugere-se que a tentativa de buscar métodos alternativos de clareamento nos quais o uso de agentes químicos clareadores seja o mínimo. Ela aponta que o papel tende a reter o que absorve, portanto, absorvendo agentes químicos, reteria parte deles em sua

estrutura, causando danos a ele depois. Os materiais usados deveriam ser inofensivos, e não encurtar a vida do papel, ela diz. Assim, no que diz respeito aos malefícios trazidos pelos reagentes químicos no clareamento, caso o método usado seja por luz, esses malefícios são reduzidos ou mesmo eliminados, a depender da técnica usada. As pesquisadoras Bruckle e Henniges, em 2017, defendem que o profissional de conservação deve entender muito bem quais são as reações entre o reagente químico e o suporte que será tratado. É um aspecto parecido com aquele foi levantado por Hey (1977), em um dos textos clássicos sobre clareamento, no qual a autora pontua que o conhecimento dos restauradores sobre os reagentes químicos, sobre a celulose, e as reações entre eles precisam ser ainda mais desenvolvidas. Como há diversos métodos de clareamento, tipos de reagentes e formas de exposição à luz que podem ser feitos, inclusive, associadamente, é imprescindível que seja feita uma avaliação sobre o método mais adequado para o suporte em questão. Como o clareamento não deve sempre ser feito, mas é necessário em casos pontuais, os restauradores e pesquisadores que realizam e estudam o procedimento defendem que essa área seja mais estudada e desenvolvida, considerando a natureza agressiva e complexa do procedimento.

Assim como esse entendimento, é igualmente essencial o conhecimento da composição material do objeto e do seu estado de conservação, já que estes fatores irão influenciar nas escolhas que afetam quimicamente a estrutura do suporte. Este conhecimento permite ao conservador a tomar a melhor decisão quanto ao método do clareamento - se é que ele deve ser feito, priorizando reduzir os riscos o quanto possível. Caso a composição do objeto não seja de fato conhecida, os riscos do tratamento aumentam exponencialmente. Ou seja, pode ser afirmado que o conhecimento da composição do objeto faz parte da conduta ética necessária para que o clareamento seja feito.

Outro ponto que dificulta a postura ética no procedimento estudado é a falta de uma normalização de diretrizes a serem seguidas na condução do procedimento. Bruckle e Henniges (2017) exploram essa questão em seu artigo *"Thoughts on guidelines"*. As pesquisadoras defendem que a falta de uma norma regulamentadora é um problema. É claro também que, quanto menos normas e regras gerais existam, mais arriscado é, já que nem todos os profissionais seguem os mesmos parâmetros, e ainda, é importante mencionar que há condutas altamente antiéticas no que diz respeito ao clareamento de papéis. Por exemplo, é comum que "restauradores" simplesmente façam tratamentos de imersão com reagentes químicos agressivos em obras de arte, sem se ater para concentrações perigosas, o tipo ideal ou recomendado de reagente ou método de clareamento, formas de alcalinizar o suporte antes e depois, formas de manter o

procedimento seguro e controlando e reduzindo riscos, e muitas outras problemáticas. É também comum que restauradores não se atenham para muitas das questões mencionadas anteriormente, e uma das razões que pode explicar isso é a relutância que ainda existe em relação ao clareamento, que inegavelmente atrapalha a discussão e o avanço dos métodos. Não se pretende, através deste trabalho, defender o tratamento de clareamento em qualquer situação. Muito pelo contrário, a intenção é defender que o procedimento seja feito apenas quando e se realmente for necessário, mas por um profissional qualificado. Porém, se a relutância em dominar a técnica afetar a grande maioria dos profissionais, isto incentiva que não-restauradores conduzam esse procedimento, de forma completamente antiética e perigosa. É claro que os avanços ainda acontecem; mas poderiam não ficar restritos aos poucos pesquisadores, em poucos países, já que há documentos e obras sendo clareadas o tempo todo, com muito menos cuidado e método. Dessa forma, para disseminar critérios de intervenção, as autoras fazem um apanhado de diretrizes baseadas em comprovação científica que poderiam se desenvolver, no futuro, para diretrizes do procedimento de clareamento:

1 - O clareamento é uma opção. Não é um requisito para a preservação do objeto, mas pode aumentar seus valores imateriais. O tratamento pode simplesmente não ser feito caso represente dano aos valores mencionados.

2 - O clareamento não deve alterar o suporte ou a tinta. Alterações físicas ou químicas visíveis no objeto não são consideradas resultado de um tratamento bem sucedido.

3 - O clareamento requer limpeza aquosa e desacidificação antes e depois do tratamento. Sempre é necessário remover ácidos e produtos resultantes da degradação solúveis em água antes do tratamento, com o objetivo de reduzir o clareamento que o suporte precisa. Fornecer ao papel uma reserva alcalina antes e depois do tratamento diminui o risco de degradação da celulose e da reversão de cor que pode acontecer pós clareamento, portanto é um requisito.

4 - Agentes de clareamento incompatíveis com certos componentes do papel devem ser evitados. Alguns agentes de clareamento são prejudiciais a componentes específicos, por exemplo, o borohidreto de sódio degrada a gelatina, usada na composição de alguns tipos de papéis, clareamento solar pode danificar papéis com lignina, etc.

5 - O clareamento deve ser conduzido de forma seletiva, na medida do possível. Ou seja, a recomendação é de que as áreas de manchas sejam clareadas, preferivelmente, e não o objeto todo ser exposto ao agente clareador.

6 - O 'progresso' do clareamento deve ser controlado tanto quanto possível. Para evitar que o clareamento seja excessivo, é importante acompanhar o objeto visualmente. Nos casos de reagentes químicos, o uso de soluções menos concentradas permite um maior controle do processo.

7 - A remoção do agente de clareamento é necessária. Se o agente de clareamento não for removido do suporte, haverá, obviamente, efeito indesejado, colocando em risco a sua integridade. A remoção do agente, por meio do tratamento aquoso, evita a ação destrutiva deste no papel.

Como visto, as diretrizes trazidas pelas autoras são essenciais. E, continuando a discussão, por meio dos pontos levantados nesta subseção, é possível ver diversos fatores que norteiam a conduta ética do profissional de conservação-restauração quanto ao procedimento de clareamento, seja qual for o método. Devido à sua natureza invasiva, complexa e felizmente, feita apenas em situações específicas, é imprescindível que essa postura ética esteja presente.

3 Tratamento de uma gravura em metal por clareamento por luz

3.1. Descrição da obra

O objeto de estudo deste trabalho de conclusão de curso é uma gravura em metal que faz parte de uma série de gravuras chamada "Via Sacra". Esta série foi levada ao CECOR através de um convênio com a Arquidiocese de Belo Horizonte e seu número de registro é 20-09 R. Trata-se, portanto, de um material com função social de obra de arte religiosa e material didático.

O título da gravura selecionada para o tratamento é Statio XIII. Foi feita por Johann Joseph Hartmann (1752/1753 – 1830), artista, pintor e gravador alemão, no século XVIII.

Quanto às características físicas da gravura, suas dimensões são de 31,6 cm x 22 cm; o suporte apresenta sinais e características de papel de trapo, como a presença de pontusais e vergaduras, marca d'água no suporte, e a data de produção da gravura, que é compatível com esse tipo de material. O suporte apresenta desnível nas margens da gravura, criada no momento da gravação da impressão no papel.

A gravura foi feita a partir de matriz de metal. Na parte central inferior, lê-se "Statio XIII", que é o seu título. Logo abaixo, em letras menores, há a frase em latim: "*Qui transit per viam, attendite, si est dolor, sicut dolor meus*", que pode ser traduzida como "*quem passa pelo caminho, cuidado se houver dor, como a minha dor*". Outra inscrição, "Thien. l. 12", se refere ao versículo 1.12 do versículo das lamentações. Na imagem está

representado Jesus Cristo ferido, apoiado em um homem que olha para cima; ao lado deles, há outro homem curvado em direção a Cristo. Atrás dos homens, há uma cruz, que representa onde Cristo foi crucificado, já que ele apresenta feridas nos pés, da crucificação. A representação da paisagem fica em segundo plano; além da imagem central, as nuvens volumosas também chamam atenção. Na parte inferior do lado direito da imagem, há a sigla INRI, que é em latim e significa “Jesus Nazareno Reis dos Judeus”.

3.2 Diagnóstico do Estado de Conservação

O papel apresenta sujidades, manchas variadas, como de umidade e tinta, vincos, dobras, perfurações, perda de suporte, ondulações, deformações e ainda, rasgos.

A imagem da gravura está, em geral, em um estado médio de conservação. A tinta não sofreu nenhuma alteração, mas as manchas de umidade dificultam a leitura da obra; além disso, há perda de suporte, causada por ataque de insetos, em áreas onde havia informações visuais. No entanto, são muito pequenas: a maioria tem menos de 0,5cm.

A figura 14 mostra o mapa de degradações da gravura, que mostra manchas de umidade e de tinta, deformações devido à umidade, perda de suporte, sujidades oriundas de excrementos de insetos nas áreas de perda de suporte, marcas de dobra e pequenos rasgos.

Figura 14 – Mapa de degradações – frente



	Deformação		Perda de suporte
	Marcas de dobras		Perfurações
	Manchas de tinta		Rasgos
	Manchas de umidade		Sujidades - insetos

Fonte: Autora, 2022.

3.3 Proposta e Tratamento de restauração da gravura

Considerando o estado de conservação do objeto e suas características físicas, a proposta de tratamento para essa gravura inclui os itens seguintes:

- Limpeza mecânica;
- Testes de solubilidade e pH;

- Tratamento aquoso por capilaridade para atenuação de manchas;
- Clareamento por luz solar;
- Reconstituição do suporte (enxertos e remendos);
- Reintegração cromática;
- Acondicionamento.

3.3.1 Limpeza mecânica e desmontagem

Ao começar o tratamento, a primeira ação foi a limpeza mecânica, que por sua vez, demandou desmontagem. A gravura estava com dobras ao longo das bordas. Durante a limpeza, foi percebido que havia grande quantidade de sujidades dentro das dobras (figura 15), o que influenciou a forma da limpeza a partir de então. Para retirar a grande quantidade de sujidades nessas áreas, foi utilizado um pincel fino. Para retirar a sujidade do lado externo das dobras, bem como pontualmente no verso da obra, foi utilizado lapiseira-borracha de PVC da marca Faber Castell. As dobras se desfizeram mais facilmente, sem necessidade de outro procedimento. Outros materiais utilizados nesta etapa foram a com trincha macia e o tecido de microfibra. Na área da imagem da obra, apenas a trincha foi utilizada.

Figura 15 – Sujidades dentro das dobras



Fonte: Autora, 2022

3.3.2 Testes científicos e documentação por imagem

Após a limpeza, foram realizados exames organolépticos global; colorimetria; testes de solubilidade e pH, descritos nesta seção.

A documentação por imagem foi realizada antes de todo o procedimento. Foram utilizadas as técnicas de luz visível, fotografia de fluorescência ultravioleta, luz rasante e luz reversa, conforme descrito anteriormente na metodologia.

Na fotografia de luz visível (figura 16) é possível ver as degradações que foram mapeadas, já mencionadas anteriormente, como manchas variadas, perda de suporte, sujidades. É também visto que a tinta da gravura está um pouco esmaecida em comparação com algumas das outras gravuras da série Via Sacra.

Figura 16 – Fotografia de luz visível



Fonte: Autora, 2022.

Figura 17 – Fotografia de luz visível pelo verso.



Fonte: Autora, 2022.

No entanto, as outras técnicas utilizadas para as fotografias mostram degradações que não foram vistas facilmente, ou não vistas, apenas com a luz visível. A fotografia de luz UV (figura 18 e 19) mostra as fluorescências das manchas de umidade, mostrando-as ainda mais detalhadamente; há também pequenas áreas de perda de camada pictórica onde não é perceptível na fotografia de luz visível. Há também manchas possivelmente provenientes de ataques já inativos de insetos e fungos.

Figura 18 – Fotografia de luz ultravioleta - frente



Fonte: Autora, 2022.

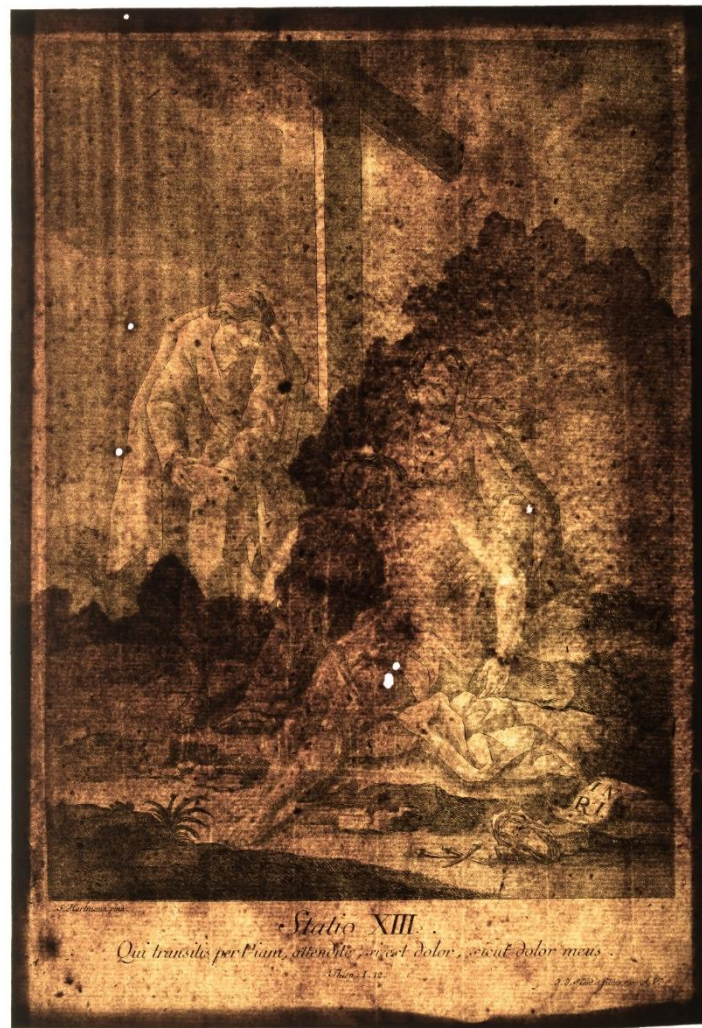
Figura 19 – Fotografia de luz ultravioleta - verso



Fonte: Autora, 2022.

Já na fotografia de luz reversa (figura 20), é possível ver perdas de suporte, as vergaduras e pontusais do papel, as bordas dobradas, que aparecem escurecidas, bem como alguns pontos escuros no suporte, que parecem ser de origem metálica, que mancham o papel e não solúveis em água.

Figura 20 – Fotografia de luz reversa



Fonte: Autora, 2022.

A fotografia de luz rasante (figura 21) mostra as deformações causadas pela umidade a que a obra sofreu. Entretanto, a textura do papel é muito bem representada, e a marca da gravação da gravura está em maior evidência com o uso desta técnica fotográfica.

Figura 21 – Fotografia de luz rasante



Fonte: Autora, 2022.

3.3.3 Testes – Colorimetria

Os resultados dos testes de colorimetria mostram a diferença entre os pontos 1, 2 e 3 (figura após o tratamento por capilaridade e pelo clareamento solar. Primeiramente, foram feitas medições na base em que a gravura seria fotografada e onde, também, foram feitos os testes de colorimetria.

Na tabela abaixo, estão os dados L^*a^*b da base escolhida. Os dados L , que variam entre 0 a 100, mostram que a base tem alta luminância. O dado b indica um leve tom amarelado, que não seria prejudicial aos testes de colorimetria. A fluorescência da base foi considerada adequada, evitando algum efeito indesejado na realização das medições.

Figura 22 - Tabela de colorimetria feita na base usada para fotografar a gravura

	L	A	B
Ponto 1	95,8	-0,2	2,9
Ponto 2	96,0	-0,2	2,9
Ponto 3	95,9	-0,2	2,8

Fonte: Autora, 2022

Nas figuras abaixo, estão as áreas de medição da colorimetria antes (figura 23 a) e depois (figura 23 b). Em seguida, na figura 24, há uma tabela com as médias dos pontos L, a e b de cada ponto (1, 2 e 3).

Figura 23 - Áreas de medição da colorimetria

a) antes dos tratamentos



b) depois dos tratamentos



Fonte: Autora, 2022.

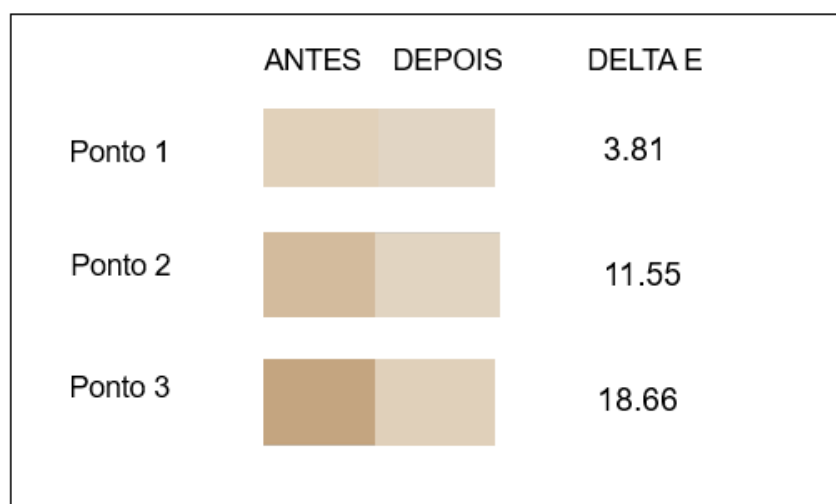
Figura 24 – Tabela com medições L*a*b* antes e depois do tratamento

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
L	84.75	86.06	77.45	85.66	69.85	84.5
a	3.15	2.06	5	2.3	8.2	2.95
b	13.75	10.33	18.9	11.23	23.45	13.15

Fonte: Autora, 2022.

A partir dos dados contidos na tabela acima, foram feitas comparações entre os pontos 1, 2 e 3, antes e depois dos tratamentos químicos realizados. Estas que podem ser observados na figura 25:

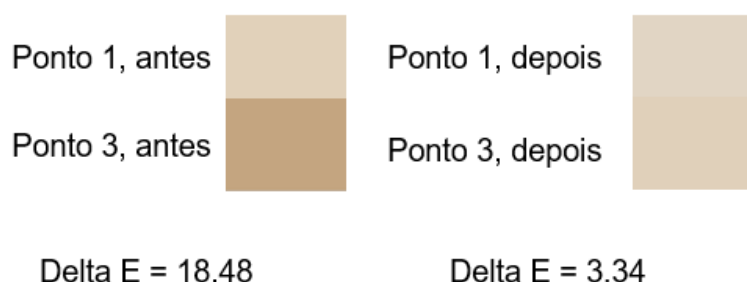
Figura 25 – Variações do delta E nos pontos 1, 2 e 3



Fonte: Autora, 2022

Conforme visto na figura 25, a variação do delta E entre o antes e depois dos 3 pontos é bastante divergente. Isso significa que havia áreas afetadas de forma diferente pelas manchas; o ponto 3, por exemplo, era muito mais escuro do que o ponto 1, portanto, a variação do delta E também é maior no ponto 3, visto que é o ponto mais escuro, e que, após o tratamento, foi mais clareado. No ponto 1, o delta E está baixo; isso acontece porque é a área de tom mais claro. O ponto 2, por sua vez, era uma área de mancha média, e teve um delta E alto, mas mais baixo do que o ponto 3, como já dito, de maior variação pelo seu tom escuro ter sido clareado durante o tratamento. Pelo esquema de cores ao lado da variação do delta E, também se percebe que, antes do tratamento, havia áreas com diferentes tons, e depois, a uniformidade da cor do papel foi alcançada.

Figura 26 – Comparações entre os pontos 1 e 3, antes e 1 e 3, depois do tratamento



Fonte: Autora, 2022

Na figura 26, há dados comparativos entre os pontos 1 e 3 antes e depois do tratamento. Ao lado esquerdo, estão representadas as cores dos pontos antes do tratamento, e podem ser vistas as duas cores muito diferentes entre os dois pontos. Considerando que são o mesmo suporte, e pela variação do delta e de 18.48, ou seja, uma variação alta, que significa a discrepância entre os tons de cores no suporte, nas áreas analisadas. Já do lado direito, após o tratamento, é visto que, ainda que as cores não sejam iguais, os tons das duas são muito mais uniformes do que os tons anteriores ao tratamento. A variação do delta E também é muito menor, o que significa, de fato, a redução da discrepância entre os tons do papel após o tratamento químico.

A variação do delta E é considerada aceitável entre 3 e 6, de acordo com o site View Sonic. Alguns outros sites consideram outras variáveis, em relação a objetivos diversos. Por exemplo, o site xRite afirma que um delta E aceitável para impressão de papel é 2. Assim, pode ser afirmado que as variações do delta E obtidas após o tratamento estão dentro dos parâmetros indicados por empresas fabricantes e/ou que lidam com cores.

3.3.4 Testes de solubilidade e pH

Os resultados dos testes de solubilidade e pH podem ser vistos nas figuras 27 e 28, abaixo:

Figura 27 – Teste de solubilidade

	Água pH 7 5'	Água pH 10 5'	Água e álcool 5'
Papel	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
Tinta	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu

Fonte: Autora, 2022.

Figura 28 - Teste de pH

	Antes do tratamento	Depois do tratamento
pH da área com mancha	Entre 5 e 6	7
pH área sem mancha	Entre 5 e 6	7

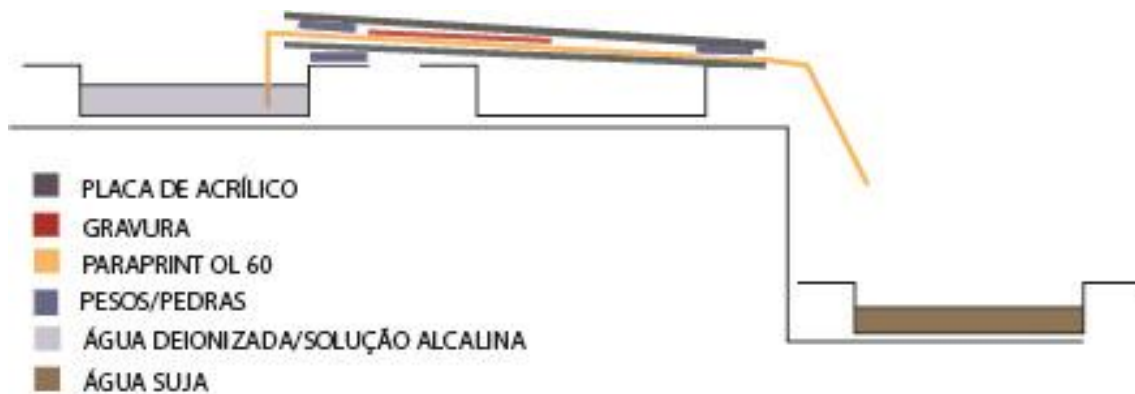
Fonte: Autora, 2022

3.3.5 Tratamento químico de capilaridade com Paraprint OL 60

Para fazer o tratamento por capilaridade, foi necessário criar a estrutura demonstrada nas figuras 29 e 30, em que uma bandeja esteja preenchida com água deionizada, outra ao lado, vazia, servindo de apoio para a placa de acrílico em que a obra se encontra, e uma outra bandeja, apontada pela cor marrom na figura 29, que receberá a água vinda da obra, que, sendo o tratamento eficaz, sairá suja, de cor marrom. A placa de acrílico, sob a bandeja vazia, precisa estar levemente inclinada. A recomendação de Kirchner (2001) é de que este ângulo seja de 2°. Na estrutura criada para o trabalho, esse ângulo foi obtido aproximadamente através de pedras de mármore, uma das quais apontada na figura 29 pela cor azul. Em cima das pedras, que estão, é claro, em só um dos lados da bandeja, para criar a inclinação desejada, está a placa de acrílico; em cima desta, está o Paraprint OL 60⁷, úmido por capilaridade, que tem as pontas imersas na bandeja com água deionizada. Sua outra ponta está em cima da bandeja que recebe a água suja. A obra foi umidificada com uma solução de água e álcool, e, em seguida, colocada em cima do Paraprint OL 60. Para evitar evaporação da umidade na obra, uma placa de acrílico é colocada em cima da obra; para que não encoste diretamente nesta, o que não deve acontecer, foram colocadas pequenas pedras nas bordas da placa de acrílico em que a obra está, e só após isso, a placa de acrílico será colocada, protegendo a obra da evaporação excessiva. É importante enfatizar que a obra não pode, de forma alguma, secar durante o procedimento. Assim, é necessário aspergir a solução na obra esporadicamente. As aspersões foram feitas com uma solução de água e álcool, e após 4 horas do início do processo, foi utilizada água com pH 9 para aspergir a obra. O processo teve duração de aproximadamente 7 horas: teve início às 10:50 e foi retirado para secagem por volta das 17:20.

⁷ Cf. nota 1.

Figura 29 - Esquema de capilaridade feito para a obra tratada



Fonte: Autora, 2022

Figura 30 - Estrutura criada para o tratamento de capilaridade por Paraprint.



Fonte: Autora, 2022.

Por meio deste tratamento, foi percebido a redução expressiva das manchas na gravura, conforme representado nas figuras abaixo, que foram feitas durante o tratamento. A figura 31 a corresponde ao início do tratamento, a figura 31 b, por sua vez, é uma fotografia tirada após cerca de 5 horas após o início do tratamento:

Figura 31 – Tratamento de capilaridade

a) Gravura no início do tratamento de capilaridade

b) Gravura durante o tratamento de capilaridade



Fonte: Rodolpho Zanibone, 2022.

Além disso, houve uma leve alteração do pH, mudando de 6-7 para 7, considerado ótimo para o suporte da obra tratada.

3.3.6 Tratamento químico por clareamento por luz solar

Para iniciar o clareamento, a estrutura mencionada acima foi preparada, umidificando várias camadas de papel mata borrão com uma solução alcalina de pH 9 (água deionizada e hidróxido de cálcio) para formarem uma pilha a serem colocados na bandeja. Posteriormente, a obra foi umidificada com a mesma solução citada, posicionada em cima da pilha de papéis mata-borrão umidificados na bandeja, e sobre ela, uma camada de filme poliéster 75 µm. Por fim, o filtro UV foi colocado em cima da bandeja e esta estrutura foi colocada para exposição à luz solar. A exposição solar teve duração de duas horas.

Após o clareamento, foram dados banhos de reserva alcalina na obra – como é a recomendação no geral em procedimentos de clareamento, que podem ser vistos no capítulo sobre as técnicas de “Clareamento”. São a imersão da obra numa solução

alcalina, que neste caso, foi água deionizada e hidróxido de cálcio, pH 9. Foram dois banhos de 20 minutos cada até que a obra atingisse o pH 8 enquanto molhada.

Para a secagem controlada, a obra foi colocada entre mata-borrões sob peso leve por 30 minutos, com troca progressiva do material secante até que estivesse levemente úmida e então foi colocada para secagem final ao ar livre para se proceder ao processo de carbonatação.

Figura 32 – Medição do pH durante o tratamento de clareamento por luz solar

	pH da obra
Antes do tratamento - seca	6-7
Depois do clareamento	6
Primeiro banho de reserva alcalina (obra molhada)	6
Segundo banho de reserva alcalina (obra molhada)	8

Fonte: Autora, 2022.

Após todo o tratamento que envolve o clareamento solar, foi constatado que houve uma redução do amarelecimento do papel, tornando a cor mais uniforme (ainda que não livre de manchas) e o aumento da alcalinidade do suporte, conforme pode ser visto na figura 32.

3.3.7 Reconstituição do suporte, sistema de apresentação e acondicionamento

A planificação do suporte após todos os tratamentos aquosos exigiu bastante cuidado, para que a marca da gravação da chapa da gravura não fosse afetada. Assim, após a umidificação suave da obra, foi feita uma máscara com uma folha de mata borrão sem textura do tamanho da chapa, colocado sobre a imagem e todo o conjunto foi colocado a secar sob peso leve.

A reconstituição do suporte foi realizada, no geral, com uso de papel japonês. Os reforços foram realizados com papel japonês pré-encolado com Klucel G (hidroxipropilcelulose); as obturações foram feitas com papel japonês e cola Metilcelulose CP 4000 da City Chemical L.L.G.

A reintegração cromática foi feita com grafite Koh-i-Noor e lápis aquarelável Faber Castell nos tons ocre e marrom escuro. O grafite foi desbastado para ser usado como pó e aplicado com um instrumento de madeira com ponta fina preparado especialmente para essa finalidade.

O acondicionamento proposto, ilustrado na figura 33, levou em consideração a série de gravuras da qual este exemplar faz parte. Foi feita um envelope em cruz com papel Filifold Documenta de 300g/m² e entrefolhamento com papel Filifold Documenta de 180 g/m². Considerando que apenas duas gravuras foram restauradas, as restantes permanecerão em outro envelope para que não sejam colocadas no mesmo lugar gravuras restauradas e as que ainda não receberam tratamento.

Figura 33 – Acondicionamento proposto para a série de gravuras



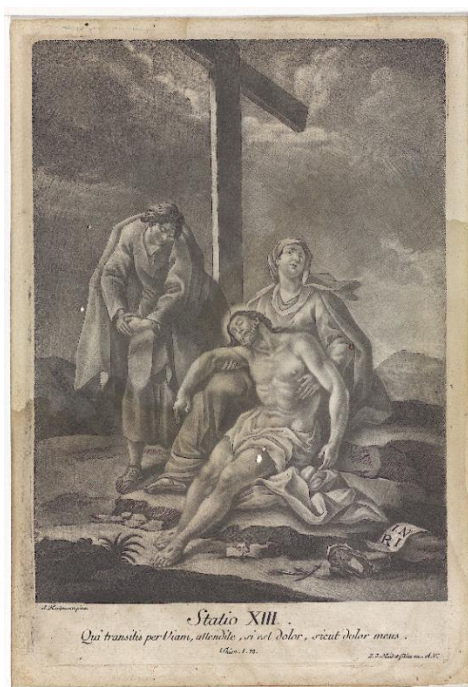
Fonte: Autora, 2022.

Após a finalização dos tratamentos realizados na obra, a obra foi fotografada novamente utilizando as mesmas técnicas de fotografia da etapa inicial: fotografia de luz visível, fotografia de fluorescência ultravioleta, fotografia de luz reversa e fotografia de luz rasante. Foi decidido apresentar lado a lado as imagens produzidas antes e após o tratamento a fim de facilitar a sua comparação. As fotografias de luz visível realizadas antes do tratamento (figura 34) e as fotografias realizadas após o tratamento (figura 35) registram a redução expressiva da mancha de umidade, bem como a solução de outros danos, como as perdas de suporte e sujidades de insetos.

Figura 34 - Fotografia de luz visível antes do tratamento

a) frente

b) verso



Fonte: Autora, 2022

Figura 35 – Fotografia de luz visível depois dos tratamentos

c) frente

d) verso



Fonte: Autora, 2022.

Entre as figuras 36 e 37, que apresentam as fotografias de fluorescência ultravioleta antes e depois dos tratamentos, é possível ver que a redução das manchas, apesar de expressiva, não foi total. O suporte foi bastante afetado por umidade e há pontos metálicos que não foram retirados durante o tratamento. Por sua vez, este tratamento retirou substâncias solúveis em água, o que pressupõe que as manchas que ainda estão no suporte não sairiam com tratamentos aquosos. Além disso, percebe-se a melhora geral do aspecto do suporte após o tratamento nesta técnica de fotografia.

Figura 36 – Fotografia de luz ultravioleta antes dos tratamentos

a) Frente

b) verso



Fonte: Autora, 2022.

Figura 37 – Fotografia de luz Ultravioleta depois dos tratamentos

a) Frente

b) Verso



Fonte: Autora, 2022.

A figura 38 apresenta as fotografias de luz reversa antes e depois do tratamento. Esta técnica foi importante para mostrar características intrínsecas do suporte, como vergaduras e pontusais e a marca da impressão da gravura no suporte, que foi preservada durante a restauração. Por meio da comparação entre estas fotos, percebe-se principalmente a redução das manchas de umidade, a resolução das perdas de suporte, por meio de obturações, e as marcas de dobras em volta da obra, acompanhada pela deformação do suporte, foi solucionada através dos tratamentos.

Figura 38 – Fotografia de luz reversa

a) Antes do tratamento



b) Depois do tratamento



Fonte: Autora, 2022.

A figura 39 apresenta as fotografias de luz rasante de antes e depois dos tratamentos. É possível ver a grande redução das ondulações, visíveis desta forma por esta técnica de fotografia. Outro ponto passível de comparação é o relevo da impressão da gravura, que foi considerado durante o tratamento, e assim, mantido.

Figura 39 – Fotografia de luz rasante



Fonte: Autora, 2022.

4 Considerações finais

Durante todo o processo de restauração, alguns pontos essenciais foram considerados. O levantamento bibliográfico foi importante para a condução dos tratamentos, tanto nas questões práticas quanto éticas. As recomendações dos autores foram discutidas e, quando justificável, colocadas em prática ou criticadas. Por exemplo, as diretrizes de condução ética do clareamento, propostas por Bruckle e Henniges (2017) foram importantes na condução do trabalho, que tinha, é claro, o objetivo de fazê-lo de forma ética. Por outro lado, quanto a utilização do filme poliéster como filtro UV, relatado por pesquisadoras como Keiko Keyes e Francisca Figueira, não foi provada a eficácia deste material como filtro, no teste conduzido no iLab, junto ao professor Alexandre Leão na disciplina Fotografia Expandida. Na verdade, foi visto que este material bloqueia uma parcela muito inexpressiva dos raios ultravioleta. Assim, apesar de ter como parâmetros os dados levantados durante a revisão bibliográfica, as práticas de restauração foram pensadas, criticadas e analisadas antes de serem conduzidas, já que havia o objetivo de fazer o tratamento de forma responsável, ética e científica.

A colorimetria e a documentação por imagem foram etapas importantes deste trabalho. A primeira técnica permitiu a análise científica, e não apenas visual, da alteração das cores do suporte, validando assim o próprio tratamento, visto que há dados numéricos

que permitem a comparação entre os pontos de tons de manchas diferentes, bem como entre eles, o que indicou, ao fim dos tratamentos, a uniformidade de cor no suporte. A documentação por imagem, por sua vez, permitiu a identificação de numerosas degradações, impossíveis de serem vistas a olho nu, bem como de características intrínsecas do próprio suporte. Assim, estas imagens geradas impactaram algumas decisões de tratamento, como o tratamento das ondulações, fotografado com a técnica de luz rasante.

O tratamento de alcalinização antes e após tratamento garantiram a estabilidade química da obra. Ademais, através dos tratamentos conduzidos na gravura, puderam ser constatadas a redução do amarelecimento e manchas e na estabilização do pH do suporte. Houve uma expressiva redução das manchas durante o tratamento de capilaridade por Paraprint OL 60, reduzindo, inclusive, a necessidade de realizar a etapa de clareamento solar. A maior parte dos grupos cromóforos, que conferem cor ao papel e atrapalhavam a visibilidade da obra foram dissolvidos durante o tratamento. O pH do suporte ao fim do tratamento é considerado neutro; inclusive, papéis de trapo em excelente estado de conservação possuem pH similar. Pode ser concluído que os dois tratamentos químicos utilizados tiveram sucesso tanto no objetivo estético de redução das manchas, melhorando o contraste entre a mídia e o suporte, facilitando a apreciação da obra, quanto no objetivo de preservação, visto que houve a melhora em pontos de deterioração diversos, como a sujidade, rasgos, ondulações.

Por fim, a proposta de acondicionamento considera o conjunto de gravuras e respeita o processo de tratamento das obras que se faz progressivamente conforme a demanda das atividades didáticas. Na restauração desse conjunto de obras do acervo da Arquidiocese de Belo Horizonte, o curso de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Escola de Belas Artes da UFMG cumpre mais uma vez sua natureza extensionista, devolvendo à sociedade os investimentos públicos feitos em educação, ciência e cultura.

5 Referências

- BAKER, Cathleen. Practical methods for sun and artificial light bleaching paper. *The book and paper group annual*. The American Institute for Conservation , V.1, 1982.
- BAKER, Cathleen. The doubled-sided light bleaching bank. *The book and paper group annual*. The American Institute for Conservation, v.5, 1986.
- BRITISH MUSEUM. Explore the collection. Johann Joseph Hartmann. Disponível em: <https://www.britishmuseum.org/collection/term/BIOG30750>. Acesso: 26 de setembro de 2022.
- BRUCKLE, Irene. Bleaching in Conservation: Decision-Making Parameters. *Restaurator*, Munique, v.30, nº4, p. 321-332, dezembro, 2009.
- BRUCKLE, Irene. Bleaching in Paper Production versus Conservation. *Restaurator*, Munique, v.30, nº4, p. 280 – 293, dezembro de 2009.
- BRUCKLE, Irene; HENNIGES, Ute. Thoughts on Bleaching Guidelines. *Journal of Paper Conservation*, v. 18, nº1, p. 10-17. 2017.
- BURGESS, Helen D., KEYES, Keiko, VAN DER REYDEN, Dianne. Bleaching, *Paper Conservation Catalog*, capítulo 19, 6ª edição do Catálogo de Conservação de Papel. 1989.
- CARDOSO, Daniele. *Fotografia Digital de bens culturais utilizando luz visível: um guia básico*. Escola de Belas Artes, UFMG. Belo Horizonte, 2016.
- CHIEN, Ana; DEL BINO, Sandra. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*. v. 140, nº1, p. 3-12, 2019.
- CHIN, Jacklyn. *Conservation Pool Party: The Washing and Bleaching of a Robert Rauschenberg Print*. Disponível em: <https://unframed.lacma.org/2013/09/16/conservation-pool-party-the-washing-and-bleaching-of-a-robert-rauschenberg-print>> Acesso: 25 de setembro de 2022.
- Chine-Collé. Disponível em: <https://www.moma.org/collection/terms/chine-colle>. Acesso: 14 de janeiro de 2023.
- Cultural Heritage Science Open Source. Disponível em: <https://chsopensource.org/> Acesso: 02 de outubro de 2022.
- FIGUEIRA, Francisca; FERNANDES, Ana; FERREIRA, Adriana. Discolouration and opacity in paper from contact with air and pollution: characterization and proposal for a reversing treatment. *Estudos em conservação*, v. 47, nº 3, p.65-68, setembro de 2002.

HENNIGES, Ute; POTTHAST, Antje. Bleaching Revisited: Impact of Oxidative and Reductive Bleaching Treatments on Cellulose and Paper. *Restaurator*, Munique, v.30, nº4, p. 294–320, 2009.

HEY, Margaret. Paper bleaching: Its simple chemistry and working procedures. *The Paper Conservator*, v.2, nº1, p.10-23, 1977.

Índice de reprodução de cor. Disponível em: <https://www.adeel.com.br/irc/> Acesso: 21 de outubro de 2022.

KEYES, Keiko Mizushima. Alternatives to conventional methods of reducing discoloration in works of art on paper. *The Book and Paper Group Annual*. The American Institute for Conservation, p. 445-455, 1982.

KIRSCHNER, Benjamin, BRUCKLE, Irene; HENNIGES, Ute. Light Emitting Diodes (LED) for Aqueous Light Bleaching of Paper. *Restaurator*, v.40, nº2, p.69–95, 2019.

LABORATÓRIO DE ARQUEOMETRIA E CIÊNCIAS APLICADAS AO PATRIMÔNIO. Disponível em: <https://portal.if.usp.br/arqueometria/pt-br/> Acesso: 02 de outubro de 2022.

LEÃO, Alexandre. *Restauração Cromática Digital de Fotografias em Filme a partir da cartela Kodak Q-13 - Estudo de caso do acervo do Projeto Portinari*. Escola de Belas Artes, UFMG. Belo Horizonte, 2011.

MICHALSKI, Stefan. Agents of deterioration: Light, Ultraviolet and Infrared. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/light.html> Acesso: 30 de setembro de 2022.

MUÑOZ VIÑAS, Salvador. *El blanqueo de papel*. In *La Restauracion del papel*. Madrid: Technos. p. 221-232.

OPTIX UV-FILTERING ACRYLIC. Disponível em: <https://www.archivalmethods.com/product/plexiglas-uf-5> Acesso: 15 de setembro de 2022.

PARAPRINT OL 60. Disponível em: <https://deffner-johann.de/en/paraprint-ol-60-en.html> Acesso: 14 de novembro de 2022.

PAVELKA, Karen. Establishing a Treatment Archives to Extend the Documentation of Conservation Treatments. *Restaurator*, v.11, nº3, 1990.

PÉREZ, Ana Reyes et al. Under the spotlight: A new tool (artificial light radiation) to bleach paper documents. *Journal of Cultural Heritage* V.52, p.184–191, 2021.

ROSADO, Alessandra. *História da Arte Técnica: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo de pinturas sobre tela e madeira*. Escola de Belas Artes, UFMG. Belo Horizonte, 2011.

RUSHDY, A.M., WAHBA, W. N., YOUSSEF, A. M., KAMEL, S. Influence of Bleaching Materials on Mechanical and Morphological Properties for Paper Conservation. *Egyptian Journal of Chemistry*, v.60, Nº. 5, p.893 – 903, 2017.

SCHALKX, H.; IEDEMA, P.; REISSLAND, B.; VELZEN, B.V. Aqueous treatment of water-sensitive paper objects. Capillary Unit, Blotter Wash or Paraprint Wash? *Journal of Paper conservation*. v. 12, nº1, 2011.

SMITH, Anthony W. Bleaching in Paper Conservation. *Restaurator*, v. 33, p. 223–248. 2012.

THE ULTIMADE COLOR TRANSLATOR. Disponível em:

<https://www.nixsensor.com/free-color-converter/> . Acesso: 07 de novembro de 2022.

What is Delta E? And Why Is It Important for Color Accuracy? Disponível em: <https://www.viewsonic.com/library/creative-work/what-is-delta-e-and-why-is-it-important-for-color-accuracy/> Acesso: 14 de Novembro de 2022.

VAN DER REYDEN, Dianne. Recent scientific research in paper conservation. *Jornal do Instituto Americano de Conservação*, Vol. 31, Nº. 1. Albuquerque, Novo México, 1992.

VERBOG, Marion. Light Bleaching with Metal Halide Lamps: Effects on Naturally Aged Paper. *Restaurator*, Munique, v. 33, p. 329–355. 2012.

ZERONIAN, S. H., INGLESBY, M. K. Bleaching of cellulose by hydrogen peroxide. *Cellulose*, v.2, nº4, p.265–272. 1995.