

# **Fotografia como auxiliar de restauro e conservação de pinturas de cavalete**

**Vicente Pagliaro Peixoto de Mello**  
**Orientador: Prof. Dr. Paulo Reginaldo Pascholati**  
**Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP**

**Relatório Final de Atividades**  
**Fevereiro 2009 – Fevereiro 2010**  
Processo 504930/2007-9

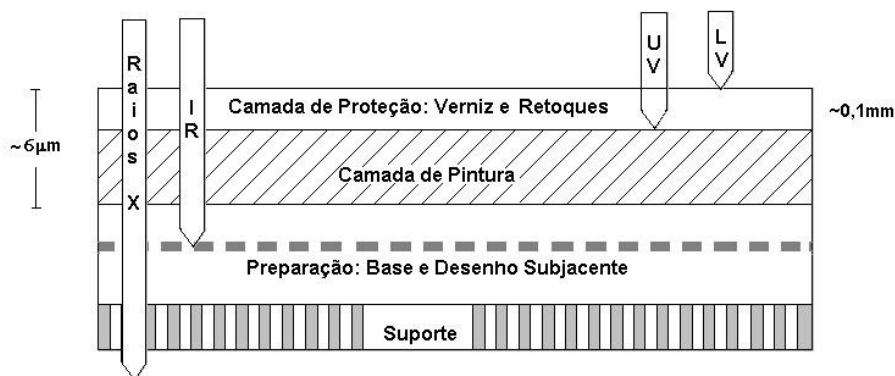
## **1. Introdução**

A fotografia desde a sua criação teve fins científicos. A utilização de imagens fotográficas no auxílio ao restauro e conservação de obras de arte, em especial a refletografia infravermelho, data de meados século XX, e vem desenvolvendo um papel muito importante na obtenção de informações invisíveis a olho nu. Outros tipos de registro de imagens, como a radiografia X, também são utilizados como paralelos a refletografia. Infelizmente a física aplicada a preservação de bens culturais não é muito explorada no Brasil, mas é considerado de grande importância em grandes museus mundo a fora.

O presente projeto de Iniciação Científica visa estudar a aplicação dos aspectos da fotografia documental, fotografia de luz rasante, refletografia infravermelho, fotografia ultravioleta e radiografia X. E a pesquisa tem como foco o a aplicação de técnicas de imageamento no auxílio de restauradores e conservadores de obras de arte, em especial a aplicação da refletografia infravermelho, por tanto o uso das outras imagens é um auxílio no seu estudo.

## **2. Materiais e Métodos**

Durante o projeto se fez necessário o uso de diferentes técnicas de imageamento para o estudo das obras. Sendo a fotografia documental a representação mais fidedigna de uma obra de arte, e tem como objetivo a documentação apenas. A fotografia de luz rasante utiliza de iluminação visível para ter um registro da superfície da pintura. A refletografia infravermelho é a exibição em tons de cinza de uma faixa da radiação luminosa infravermelho, e pretende apresentar os desenhos subjacentes à pintura, ou seja, esboços ou arrependimentos feitos previamente à obra final. Já o registro do espectro ultravioleta exhibe diferenças do verniz na superfície do quadro, com essa informação podemos inferir sobre a camada de proteção de um quadro. A radiografia X, por ser um tipo de imageamento muito versátil, pode apresentar tanto camadas subjacentes à pintura, como sua estrutura física da obra, ou a detecção de elementos pesados nos pigmentos utilizados na obra. Na figura 2.1 é apresentado as penetrações de cada tipo de imagem.



**Figura 2.1. Penetração de cada comprimento de onda da radiação eletromagnética para um corte de uma pintura de cavalete genérica.**

Refletografia infravermelha tem esse nome pois é o registro da radiação eletromagnética refletida na superfície da obra[4]. Segundo De Boer 1969 a aplicação da teoria de Kubelka-Munk de que diferentes comprimentos de onda possuem diferentes capacidades de reflexão na obra, ou seja dependendo do comprimento de onda registro fotográfico apresenta uma diferente camada da obra. A profundidade de diferença entre a camada e a superfície é denominada nesse trabalho como profundidade de penetração. Na prática a refletografia é uma fotografia comum com tonalidades avermelhadas, que depois deve ser convertida em escala de cinza, mas do ponto de vista de execução fotográfica, se não pelo equipamento utilizado se assemelha muito a registrar uma fotografia documental da obra.

Para os registros fotográficos foi utilizada uma Nikon D100 disponível no Instituto de Física, a câmera acoplada a um tripé estava sempre a uma distância entre 1 a 2 m da obra, dependendo do tamanho da tela, e alinhada com a obra de arte para evitar distorções na imagem. A lente utilizada nos registros foi uma Nikkor 55mm f2.8, e no caso das refletografias os filtros de banda passante utilizados foram: Hoya R72 (720nm), Kodak Wratten 87 (870), Asahi ZIL810 (810nm), Asahi ZIL840(840nm), Asahi ZIL900(900nm), Asahi ZIL960(960nm) e Asahi ZIL990(990nm). O número em parênteses especifica a partir de que comprimento de onda transmitido o registro é efetivo. Em cada estudo é especificado o filtro utilizado e fica claro, mais a frente, o por que do uso de diferentes filtros na região do infravermelho próximo. As fontes luminosas disponíveis para as fotografias na região do visível e infravermelho foram lâmpadas halógenas de 150W e 2000W.

A escolha da câmera D100 é proposital para o registro de refletografias, já que é possível registrar utilizando-se uma câmera comercial [1]. Ainda segundo Falco 2009 o registro pode ser melhorado retirando-se o "Hot Filter", um filtro que fica antes do sensor da câmera que tem a função de bloquear a radiação infravermelha. No caso da D100, por ser uma câmera mais antiga este filtro é de fábrica menos eficiente, permitindo registros com tempos de exposição menores que as câmeras atuais sem nenhuma modificação interna.

Para fins de estudo mais a frente é comparado o uso de diferentes câmeras para refletografia. No ano anterior também foi testado pelo grupo a refletografia utilizando-se o sistema Vidicon, que se trata de um dos primeiros métodos utilizados para refletografia, mas o sistema se mostrou menos adequado que o uso da atual câmera. O uso do sensor Vidicon não foi considerado satisfatório devido a sua baixa resolução e custo maior que a D100. Em compensação o sensor de estado-sólido Vidicon registra comprimentos de onda maiores que um sensor CCD ou CMOS das câmeras comerciais, mas este registro de comprimentos de onda muito altos(acima de 900nm), como é mostrado a

seguir nem sempre influencia na análise da obra.

Durante o ano, então, o grupo teve disponível uma Nikon D700 e um Back de médio formato 4'x5' da marca Betterlight para a comparação com a D100. A D100 utiliza um sensor CCD com um "Hot filter" considerado menos eficiente, já a D700 utiliza-se de sensor CMOS com "Hot filter" mais eficiente que o da D100 e a Betterlight é um sensor CMOS linear sem "Hot filter". Das 3 câmeras a Betterlight por ser a única com sensor linear demanda tempo de scaneamento da imagem em torno 100 vezes mais tempo que uma fotografia de câmera comercial.

Outra parte importante do projeto é o pós-processamento das imagens, e para esse fim optou-se por utilizar o Adobe Photoshop CS3. Todas as imagens da pesquisa passam pelo processamento do programa. O uso do Photoshop foi escolhido por ser um programa com vasta literatura, suporte e de relativa simplicidade de tratamento comparado ao desenvolvimento de algoritmos para o pós-processamento.

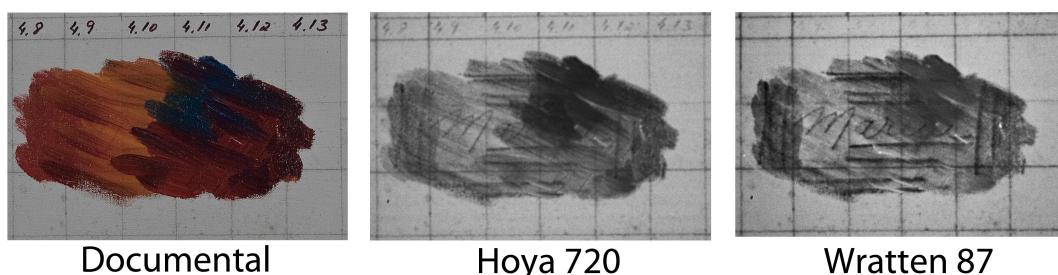
Há com certeza inúmeros métodos de se registrar refletografia infravermelho, mas o uso de uma câmera comercial como a D100 em associação com os filtros Asahi mostra-se o modo mais barato de se aplicar tais técnicas mostradas a seguir. Manter um baixo custo para o projeto é essencial para que possa ser aplicado em diversas regiões do Brasil, não só por este grupo de pesquisa, como também por outras instituições nacionais.

### 3. Atividades Desenvolvidas e Resultados Obtidos

#### 3.1. Estudo de caso com restrição de divulgação.

#### 3.2. Tomada de dados no atelier da restauradora Márcia Rizzo

Durante visita ao atelier da restauradora Márcia Rizzo foi possível realizar refletografias infravermelho utilizando diferentes filtros de banda passante infravermelho. Um comparativo entre os filtro Hoya R72 e Kodak Wratten 87 foi realizado. O resultado é apresentado na figura 3.2.



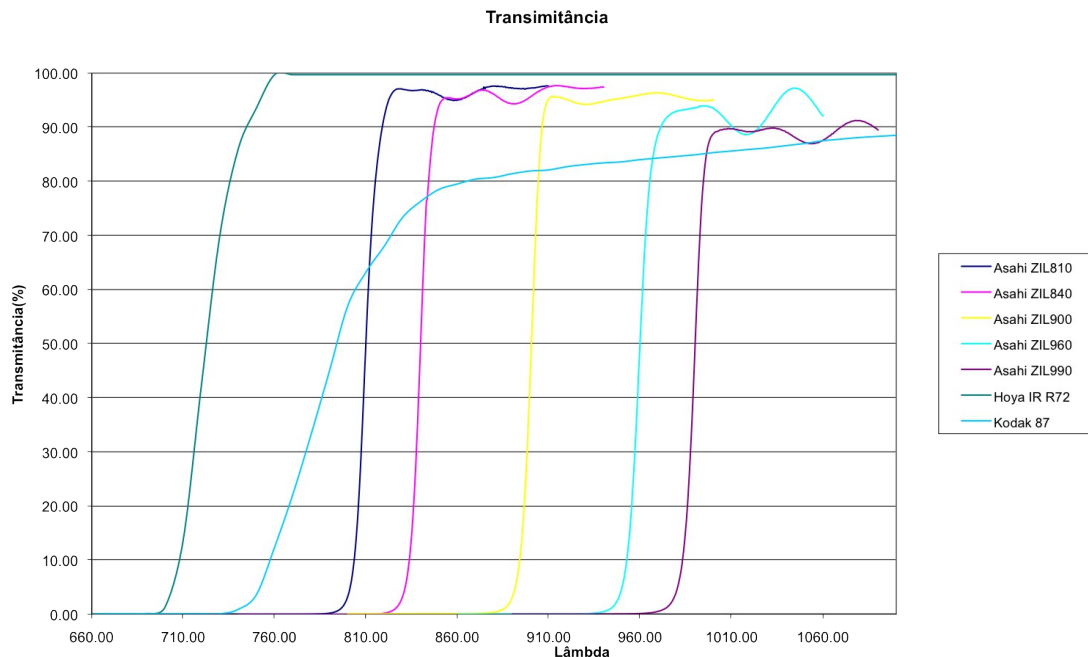
**Figura 3.2. Comparativo entre os filtros R72 e Wratten 87.**

O equipamento utilizado foi para todas as imagens da figura 3.2 foi a câmera D100 com a lente Nikkor 55mm f2.8. As fontes luminosas foram duas lâmpadas halógenas de 2000W posicionadas a 60° com a normal do quadro. Como especificado na figura, a única diferença entre as 3 imagens é o uso de diferentes filtros em frente a lente da máquina fotográfica. A imagem documental não usa nenhum filtro e as outras duas são auto-explicativas.

Comparando-se a imagem produzida com o Hoya com o Wratten percebe-se que o poder de penetração do Kodak Wratten 87 é maior que o do Hoya R72. Outra fato que fica evidente, mas que não depende da comparação entre os filtros é que diferentes pigmentos e diferentes espessuras de transmitâncias.

### 3.3. Escolha dos filtros fotográficos infravermelho de banda passante

Baseando-se em resultados anteriores, que com um mesmo sensor CCD, mas filtros com diferentes transmitâncias, obteve-se diferentes penetrações nas camadas da pintura, procurou-se filtros de melhor precisão de faixa de corte que os filtro comerciais utilizados anteriormente. O fornecedor Asahi Spectra satisfaz os quesitos procurados e um gráfico apresentando as curvas de transmitância dos filtros adquiridos da Asahi e dos utilizados na sessão 3.2 encontra-se na figura 3.3.

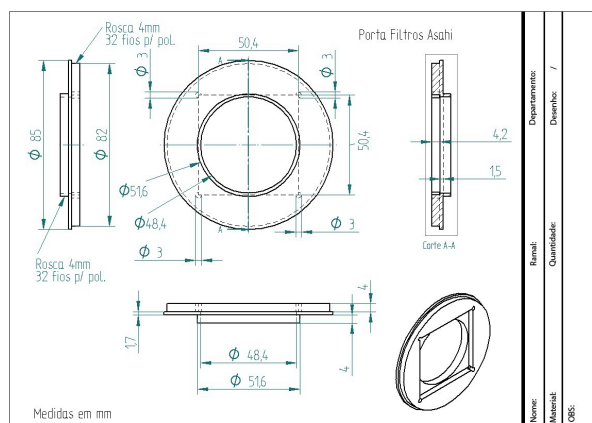


**Figura 3.3. Curvas de transmitância por comprimento de onda de filtro de banda passante infravermelho**

Fica evidente nas curvas da figura 3.3. que o intervalo necessário para que haja o “cut-on” nos filtros da Asahi é menor que aqueles dos filtros comerciais normais, o que pode propiciar uma determinação, com maior precisão, do comprimento de onda a partir do qual tal desenho subjacente é visível. Entretanto, quando aumenta-se muito a região do “cut-on” passa-se a lidar com o problema de sensibilidade do sensor utilizado pela câmera D100. Quanto mais longe do visível a região de trabalho, menor a sensibilidade do sensor, por tanto pode-se encontrar problemas de ruídos nas imagens registradas.

### 3.4. Desenvolvimento do suporte dos filtros fotográficos

Como os filtros adquiridos na Asahi Spectra não eram específicos para o uso em equipamentos fotográficos comerciais foram projetados suportes que acoplassem os filtros as lentes comerciais disponíveis. O projetos foram feitos no CAD disponível no Laboratório do Acelerador Linear, Solid Edge. A Base do Filtro é mostrada na Figura 3.4.

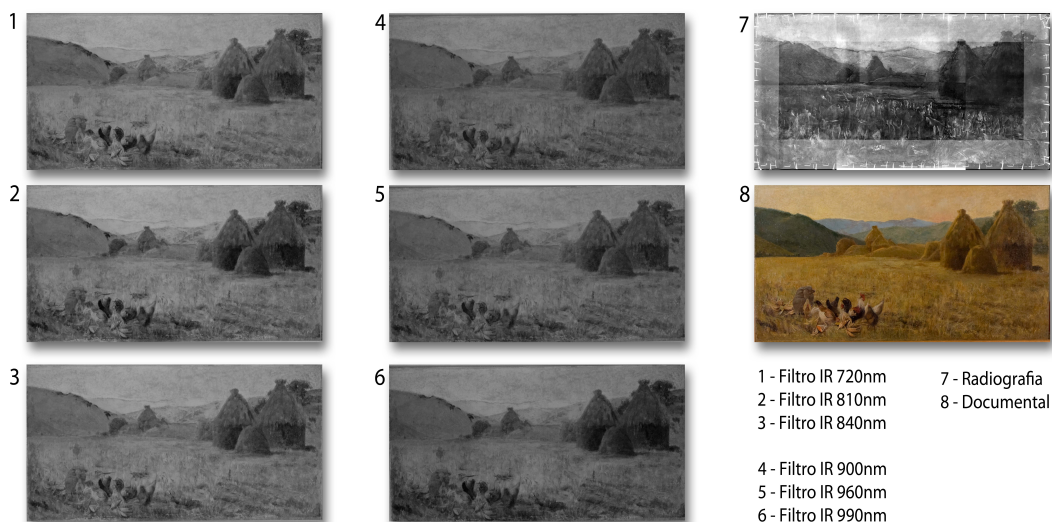


**Figura 3.4. Projeto da Base do Suporte dos Filtros da Asahi**

### 3.5. Estudo de caso de obra “A Ceifa” de Pedro Weingärtner

Um estudo de caso completo da obra “A Ceifa” de Pedro Weingärtner foi realizado. Esta obra havia sido analisada antes do restauro. E sua análise foi apresentada no relatório final de atividades de janeiro de 2008 – janeiro 2009 do mesmo aluno. Agora apresenta-se a imagem documental, a radiografia e as 6 refletografias infravermelho.

Observando a radiografia (imagem 7 da figura 3.5) é possível ver partes do desenho subjacente, mas está não é uma obra que apresenta muitos esboços. Nas imagens refletográficas, nota-se que a partir de um comprimento de onda de corte a imagem a refletografia não apresenta diferenças. Este ponto de corte se dá no filtro de 900nm. De qualquer forma, neste caso a radiografia se mostrou mais eficiente na observação de desenhos subjacentes.



**Figura 3.5. Imagens do Estudo da obra “A Ceifa” de Pedro Weingärtner**

### 3.6. Tomada de dados no CECOR/UFMG

A mais recente tomada de dados foi feita em colaboração com o Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis da Universidade Federal de Minas Gerais (CECOR/UFMG). O procedimento utilizou a câmera D100 utilizada anteriormente em comparação com a Nikon D700 e com o sensor Betterlight Back de grande formato. O motivo da comparação o filtro de câmeras comerciais possuem para bloquear

regiões fora do espectro visível e o Betterlight que não possui tal filtro. O sensor da D100 é tido como pouco eficiente, pois por ser uma câmera mais antiga, na época os filtros colocados eram menos eficientes. A D700 é a última geração de sensores *full-frame* da Nikon e possui um “Hot filter” mais eficiente do que aquele da D100.

A figura 3.6 exemplifica uma fotografia documental e uma refletografia infravermelho. A refletografia apresentada nessa imagem teve um processamento diferente de todas as anteriores pois utiliza técnicas mais atuais de pós processamento que serão exemplificadas posteriormente.



Documental

Refletografia IR

**Figura 3.6. Fotográfica Documental e Refletografia Infravermelho produzidas pela Nikon D100.**

Durante a tomada de dados das refletografias com todos os filtros da Asahi e com o Hoya foram produzidas para ambas câmeras D700 e D100. Ambas apresentam a mesma penetração para os mesmos filtros, entretanto o tempo de exposição era em torno de 3 pontos maior para a D700, o que resultaria em maior ruído na fotografia. Evidentemente por ser uma câmera mais recente e com mais megapixels a D700 tem maior resolução em suas fotos, o que permite maior flexibilidade com relação à impressão das refletografias, em compensação os ruídos produzidos não justificam o seu uso.

Já o *back* da Betterlight apresenta tempos de exposição semelhantes, ou até menores que o da D100, e penetrações equivalentes, indicando que o filtro de bloqueio de radiação infravermelho próximo da D100 não prejudica sua performance em relação a penetração da superfície. A Betterlight também apresenta resolução melhor que a D100, e que a D700. A D100 tem em torno de 6 Mpixels, D700 em torno de 12,1 Mpixels e a Betterlight por volta de 48Mpixels.

A D100 originalmente é a opção mais barata de se realizar a refletografia, a Betterlight é a opção estudada mais cara. Entretanto, qualquer uma delas tem a mesma capacidade de ultrapassar as mesmas camadas de pigmento, o que faz se escolher apenas a media de reprodução das fotografias, se procura-se algo para maior ampliação, quanto maior resolução melhor a qualidade.

De qualquer forma segundo Falco 2009 é possível obter tempos de exposição semelhantes aos da D100 com qualquer câmera comercial atual desde de que se retire o chamado “Hot Filter”. Viabilizando a obtenção de refletografias de qualidade de baixo custo.



Com relação ao pós processamento da refletografia da figura 2.6. observou-se que aplicando a técnica de High-Dynamic Range é possível obter mais detalhes de refletografia comparando a uma pós processamento de uma fotografia comum.

## 4. Outras Atividades

### 4.1. Aplicação de fotografia visível em mapeamento de superfícies

Utilizando-se de um *software* GPL desenvolvido nos laboratórios da HP que aplica a técnica de mapeamento de texturas polinomial (*Polynomial Texture Mapping* - PTM) tem se uma melhor noção do relevo de uma pintura de cavalete do que apenas aplicando-se a fotografia de luz rasante. O inconveniente da utilização do PTM é que uma câmera precisa ser desenvolvida para que seja mais rápido o processo de aquisição de imagens.

O PTM se trata de tirar diversas fotografias de um mesmo objeto com várias iluminações diferentes e o programa se encarrega de juntar todas as imagens e possibilita que você escolha o ângulo de iluminação em que observa a fotografia. Os ângulos de observação, porém, dependem dos ângulos que são registrados, logo depende da estrutura desenvolvida para o projeto.

Um protótipo foi construído com apenas 3 fontes luminosa de LED de alta potência e a partir de um objeto parado movia-se a iluminação a fim de se registrar vários ângulos de luz incidente, onde apenas um LED era ligado de cada vez. Com a posição de todas as origens de iluminação registradas e associadas a cada foto o programa aplica seu algoritmo e gera a imagem PTM.

Devido ao tempo consumido por essa aplicação de registro de todas as posições, sem um sistema automatizado, não foi possível explorar muito a utilização do *software*.

### 4.2. Desenvolvimento de suporte auxiliar no estudo de cerâmicas

Em colaboração com outro aluno de iniciação científica do IFUSP, Nathan Rabinovitch, o estudante projetou um suporte para radiografia em lucite que ajudaria no estudo de radiografia de peças de cerâmica. A figura 4.2 apresenta a visão isométrica do projeto. O projeto também foi elaborado no Solid Edge do Laboratório do Acelerador Linear.

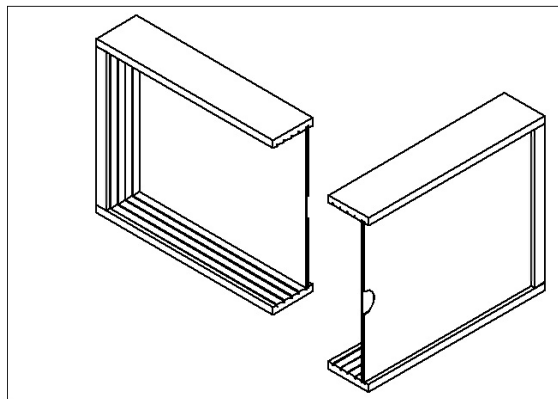


Figura 4.2 Visão isométrica do suporte para radiografia

### 4.3 Reuniões, Simpósios e Monitoria

Durante o ano o aluno participou da V REUNIÃO DE INICIAÇÃO

CIENTÍFICA do Instituto de Física da Universidade de São Paulo com o presente projeto, com foco no estudo de caso da obra “A Ceifa” de Pedro Weingärtner. Participou também do Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo (SIICUSP) 2009 apresentando o estudo da “A Batalha” de autor desconhecido, estudo que foi detalhado no relatório anterior.

## 5. Conclusão

Considera-se então o uso de fotografia como auxílio no restauro de pinturas de cavalete efetivo. Especificamente com o uso de refletografia infravermelho com o equipamento foi desenvolvido satisfatoriamente, e com certeza melhorias ainda poderia ser feitas no projeto.

Utilizando das técnicas descritas foi possível o estudo por terceiros das obras aqui detalhadas com “A Ceifa” de Pedro Weingärtner e “A Negra” de Almeida Junior.

Certamente o estudo poderia ser continuado, mais especificamente no estudo dos filtros de infravermelho próximo, melhorias nos equipamentos utilizados e no pós processamento das imagens, tudo com o fim de se obter melhores resultados visuais.

## 6. Referências

[1] Falco, Charles M. 2009 **High Resolution Digital Câmera for Infrared Reflectography**. *Review of Scientific Instruments* 071301. 2009.

[2] E. Walmsey, C. Metzger, C. Fletcher, J. Delaney. 1994 Improved Visualization of Underdrawings with Solid-State Detectors Operating in the Infrared , *Studies in Conservation*, Vol. 39, N°. 4 (Novembro 1994), pp. 217-231.

[3] Malzbender, T, Gelb, D and Wolters, H, 2001, ‘**Polynomial texture maps**’ in **Computer Graphics**, *Proceedings of ACM Siggraph (2001)*, 519–528, <http://www.hpl.hp.com/research/ptm/papers/ptm.pdf>

[4] De Boer, J. R. J. van Asperen, **Reflectography of Paintings Using an Infrared Vidicon Television System**, *Studies in Conservation* Vol. 14, No. 3. (Aug., 1969), pp. 96-118.