



**Ana Patrícia Bidarra
dos Santos Lourenço**

**Potencialidade da aplicação de pigmentos
estruturados em conservação e restauro
de pintura de cavalete**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Minerais e Rochas Industriais, realizada sob a orientação científica do Doutor José António Ganilho Lopes Velho, Professor Associado com Agregação do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Apoio financeiro do Ministério da
Ciência e do Ensino Superior/Fundação
para a Ciência e a Tecnologia, no
âmbito do POCTI – Formar e Qualificar
– Medida 1.1

o júri

presidente

Prof. Dr. Eduardo Anselmo Ferreira da Silva
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Fernando Joaquim Fernandes Tavares da Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. José António Ganilho Lopes Velho
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. João Paulo Pereira de Freitas Coroado
Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Tomar

Prof. Dra. Ana Maria Calvo Manuel
Professora Associada Convidada da Universidade Católica Portuguesa

Agradecimentos

A todos os que de alguma forma participaram neste trabalho, manifesto o meu sincero agradecimento:

Ao Professor Doutor José António Ganilho Lopes Velho, pela orientação prestada, acompanhamento científico, ensinamentos, apoio e total disponibilidade ao longo de todo o processo.

Ao Professor Doutor João Paulo Pereira de Freitas Coroado, pela orientação prestada, acompanhamento científico, ensinamentos, apoio e total disponibilidade ao longo de todo o processo.

À Direcção do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, a disponibilidade concedida na realização dos ensaios.

Aos meus pais, à minha irmã e ao Pedro, pelo incondicional apoio e a quem dedico este trabalho.

Palavras-chave

Pigmentos brancos, alternativas aos actuais pigmentos utilizados em restauro, análise de pigmentos.

Resumo

No início do século XIX, devido à Revolução Industrial, surgiram novos materiais para pintura. Desenvolveram-se pigmentos sintéticos, que substituíram em grande parte os pigmentos tradicionais, mais caros e mais difíceis de obter. Os novos pigmentos, com origem em indústrias paralelas à do mercado de belas artes, nem sempre se revelaram como a melhor opção, porém, o facto de serem mais baratos e acessíveis, para além de possuírem uma maior paleta de cores, globalizou a sua utilização. Actualmente a indústria das tintas, nomeadamente para belas artes, é mais rigorosa, no entanto, a distância entre conservadores e artistas é maior do que há algumas décadas, onde muitas vezes os dois mundos se cruzavam.

O principal objectivo deste trabalho, é o de encontrar uma alternativa aos pigmentos brancos utilizados actualmente em restauro, bem como encontrar um pigmento capaz de ser utilizado em arte contemporânea, possuindo versatilidade de aplicação - capacidade de utilização em camadas mais ou menos espessas, criando empastes.

Esta pesquisa consiste na aplicação de pigmentos oriundos das indústrias do plástico e papel, no restauro de policromias. Foram testados os seguintes pigmentos: carbonato de cálcio precipitado (PCC), carbonato de cálcio natural (GCC), caulino natural, caulino calcinado, talco, dióxido de titânio e um pigmento comercial, existente no mercado e destinado especificamente para reintegração. Os pigmentos caracterizaram-se relativamente às suas propriedades físicas e tecnológicas, tendo sido testados isoladamente e entre si, com o objectivo de melhorar características individuais. Os pigmentos foram aglutinados em diferentes ligantes: medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72® a 3% em xileno. A aplicação foi feita sobre uma camada de preparação tradicional.

Foram estudadas diversas características dos pigmentos: facilidade de aplicação (a pincel e espátula), facilidade de mistura, poder de cobertura e facilidade de aquisição. Testou-se também a capacidade de mistura com um pigmento colorido – ocre – cujas características foram analisadas de acordo com os parâmetros definidos anteriormente.

Após a fase experimental, os pigmentos e misturas seleccionados foram estudados recorrendo a diferentes análises: estratigrafia, análise da superfície, testes de envelhecimento, Hunter-Lab, microscopia electrónica de varrimento (SEM) e difracção de raios X (XRD). A análise dos resultados permitiu o estudo das diferentes características dos pigmentos e garantir a estabilidade da mistura seleccionada.

Os resultados demonstraram que o pigmento com maior potencialidade de aplicação consiste na mistura de dióxido de titânio (TiO_2) e carbonato de cálcio natural (GCC), na proporção de 25:75.

Keywords

White pigments, alternative pigments for restoration, pigment analysis.

Abstract

In the beginning of the 19th century and mainly due to the Industrial Revolution, new materials for painting were developed. New synthetic pigments emerged, putting aside the classical ones, which were difficult to obtain and very expensive. These new pigments were not always the best choice, but they were easy to get and much cheaper. Nowadays the pigment industry is much more reliable and accurate, however the distance between industry, conservators and artists is larger than a few decades – with few exceptions.

The main goal of this work was to find an alternative to the existing white pigments for restoration, but also to find pigments that can be applied by contemporary artists, due to its multiple characteristics: ability to be used in a thin transparent layer or in a thick one, creating an impasto effect.

The purpose of this research consisted on applying new white pigments, mainly used by plastic and paper industries, in the restoration of polychrome layers. The following pigments were tested: precipitated calcium carbonates (PCC), ground calcium carbonates (GCC), kaolin, calcined kaolin, talc, titanium dioxide and a commercial pigment. These pigments were characterized mainly in terms of physical and technological properties and were applied alone and with other pigments with the main goal to find synergies. The pigments and mixtures were blended with different mediums: medium for restoration, retouching varnish and Paraloid B72® (3%) in xylene and applied over the ground layer.

Several characteristics were studied such as an easy application (with brush and spatula), an easy medium blending, a good covering power and simple buying access. Then a coloured pigment was added - yellow ochre - to the selected pigments and mixtures, which were again analysed for the characteristic above specified.

After the experimental phase, the selected pigments and their mixtures were studied by different techniques: cross-section, surface analysis, aging tests, Hunter-Lab, SEM (scanning electron microscopy) and XRD (X-ray diffraction). Finally, all the results were carefully analysed and it was possible to understand the different behaviours and to guarantee the stability of the selected pigments.

The results showed that the best pigments were titanium dioxide and ground calcium carbonate (GCC), applied in a blending formulation of 25% TiO₂: 75% GCC.

Índice.

| | |
|---|-----|
| Júri. | ii |
| Agradecimentos. | iii |
| Resumo. | iv |
| Abstract. | v |
| Índice. | 1 |
| | |
| Introdução geral. | 5 |
| | |
| 1. Introdução. | 7 |
| | |
| 2. Pigmentos e ligantes. | |
| 2.1. Introdução. | 8 |
| 2.2. Pigmentos – breve abordagem histórica. | 9 |
| 2.3. Ligantes. | 14 |
| 2.4. Pigmentos brancos. | 18 |
| 2.5. Reintegração cromática. | 26 |
| 2.5.1. Pigmentos para reintegração. | 28 |
| 2.5.2. Pigmentos brancos para reintegração. | 29 |
| | |
| 3. Metodologia. | |
| 3.1. Preparação do suporte. | 30 |
| 3.2. Preparação das amostras. | 30 |
| 3.3. Observação à lupa binocular – Análise estratigráfica e de superfície. | 31 |
| 3.4. Testes de envelhecimento. | 32 |
| 3.5. Análise da variação do grau de brancura – Método Hunter-Lab. | 32 |
| 3.6. Microscopia electrónica de varrimento. (SEM) | 34 |
| 3.7. Difraccção de raios-X. (DRX) | 34 |
| | |
| 4. Caracterização dos pigmentos seleccionados. | |
| 4.1. Introdução. | 35 |
| 4.2. Caracterização dos ligantes seleccionados. | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Caracterização dos pigmentos seleccionados. | |
| 4.3.1. Minerais comuns. | |
| 4.3.1.1. Caulino natural. | 38 |
| 4.3.1.2. Carbonato de cálcio natural. (GCC) | 40 |
| 4.3.1.3. Talco. | 40 |
| 4.3.2. Minerais especiais. | |
| 4.3.2.1. Dióxido de titânio. | 41 |
| 4.3.2.2. Caulino calcinado. | 42 |
| 4.3.2.3. Carbonato de cálcio precipitado. (PCC) | 43 |
| 4.3.3. Pigmento comercial. | 44 |
| 4.4. Comportamento dos pigmentos seleccionados. | 45 |
| 4.5. Mistura de pigmentos. | 48 |
| 4.6. Mistura dos pigmentos seleccionados com ocre. | 49 |
| 4.7. Conclusões. | 50 |
| | |
| 5. Resultados e discussão. | |
| 5.1. Introdução. | 52 |
| 5.2. Observação à lupa binocular. | |
| 5.2.1. Análise estratigráfica. | 52 |
| 5.2.2. Análise da superfície. | 55 |
| 5.3. Testes de envelhecimento. | 60 |
| 5.4. Análise da variação do grau de brancura – Método Hunter-Lab. | 60 |
| 5.5. Microscopia electrónica de varrimento. (SEM) | 69 |
| 5.6. Difracção de raios-X. (XRD) | 74 |
| 5.7. Discussão dos resultados. | 77 |
| | |
| 6. Conclusões e perspectivas de desenvolvimento. | |
| 6.1. Conclusões. | 80 |
| 6.2. Perspectivas de desenvolvimento. | 81 |
| | |
| 7. Bibliografia. | 83 |

Anexo 1.

1. Análise da variação do grau de brancura. Método Hunter-Lab

1.1. Luz A.

1.1.1. Tabelas de medição. 88

1.1.2. Gráficos. 100

1.2. Luz C.

1.2.1. Tabelas de medição. 106

1.2.2. Gráficos. 118

INTRODUÇÃO GERAL

O principal objectivo do presente trabalho, é o de analisar pigmentos brancos de diferentes mineralogias – caulino calcinado, caulino natural, talco, carbonato de cálcio natural (GCC) e carbonato de cálcio precipitado (PCC) – comparando as suas potencialidades de utilização no processo de reintegração cromática de pintura de cavalete. Durante as diferentes etapas do trabalho pretendeu responder-se à seguinte questão: de que modo partículas que possuem características ópticas muito especiais (funcionam como agentes opacificantes) e valores elevados de grau de brancura, podem desempenhar um papel principal ou complementar no processo de reintegração? Englobado neste objectivo, foram tidas em conta outras considerações, tais como as propriedades dos pigmentos estruturados que serão mais relevantes, as diferenças, em termos técnico e prático entre estes pigmentos e o dióxido de titânio (o pigmento de cor branca mais utilizado no mercado) e o facto de estes novos pigmentos, poderem criar uma alternativa viável, incentivando a formação de um novo nicho de mercado no sector da conservação e restauro. Poderá um novo pigmento ou mistura igualar as características dos pigmentos existentes no mercado, criados especificamente para reintegração? Ao longo dos vários pontos que compõem o trabalho foram dadas respostas a estas e outras questões.

O primeiro ponto do trabalho, aborda a cor sob dois aspectos: o estético e o científico. Analisa a teoria da cor e a sua dimensão iconográfica, bem como o processo triplo – físico, neurofisiológico e psicofísico – que envolve o estudo das sensações visuais.

No segundo ponto, é apresentada uma abordagem histórica relativa à utilização dos pigmentos pelos artistas ao longo dos séculos e à sua forma de produção, nomeadamente a partir do século XVI, passando pelos avanços ocorridos durante o século XIX com a revolução industrial e terminado com os avanços mais recentes, não ao nível de pigmentos mas de aglutinantes, que resultou em tintas com diferentes aplicações e potencial. Ainda neste capítulo, descreve-se com mais detalhe a utilização de diferentes pigmentos de cor branca quer pelos artistas, quer pelos conservadores, indicando as dificuldades e avanços na obtenção de um branco “ideal”.

No terceiro ponto, descreve-se a metodologia seguida para a preparação do suporte e das amostras e para a realização dos diferentes exames realizados, descrevendo o objectivo e o equipamento utilizado na sua realização. Efectuaram-se os seguintes exames: análise estratigráfica e de superfície (utilizando uma lupa binocular), análise do grau de brancura (Método Hunter-L.a.b.) efectuado antes, durante e depois dos testes de envelhecimento das amostras, microscopia electrónica de varrimento (SEM) e difracção de raios-X. (XRD).

No ponto quatro, procede-se à caracterização dos ligantes e pigmentos seleccionados; os pigmentos caracterizaram-se de acordo com dois grupos distintos: minerais comuns e minerais especiais. Analisa-se o comportamento dos diferentes pigmentos simulando o seu processo de preparação para reintegração, através da mistura com diferentes ligantes e aplicação sobre um suporte tradicional. A qualidade das misturas pigmento/ligante e a sua facilidade de aplicação, permitiram uma primeira selecção. Após a análise dos resultados foram realizadas diferentes misturas, tentando melhorar ou complementar as características individuais de cada pigmento. Por último, aos pigmentos seleccionados foi adicionado um pigmento de cor ocre, para testar o comportamento com uma das cores mais utilizadas em pintura.

No ponto cinco, é apresentada a relação entre o comportamento dos diferentes pigmentos e as suas características intrínsecas, procedendo à discussão e análise dos resultados obtidos após a realização dos diferentes exames aos pigmentos e misturas seleccionados.

No último ponto, resumem-se as conclusões obtidas e indicam-se possíveis aplicações dos resultados, propondo algumas alternativas às opções existentes actualmente e apontando caminhos para futuros trabalhos de investigação neste campo, que poderão completar e complementar esta pesquisa.

Este trabalho teve o apoio do Ministério da Ciência e do Ensino Superior/Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através da atribuição de uma Bolsa de Investigação no âmbito do POCTI – Formar e Qualificar – Medida 1.1.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do que se pode chamar de “teoria da cor”, isto é, a forma como os Homens em diferentes épocas e culturas pensaram a cor, foi consideravelmente aumentando nos últimos anos. Este saber fornece uma base indispensável para o estudo da cor na arte (Roque, 1999, 40). A autonomia da cor, é o que torna possível a sua elevação no plano plástico, onde o colorido assume uma dimensão iconográfica. A cor não deverá ser somente parte estrutural da composição cromática, mas também assimilar as suas regras, em função das cores serem misturadas, justapostas ou opostas. Algumas dessas regras, como a gradação das cores mais claras para as mais escuras, ordenando as figuras ou objectos com harmonia, reservando as melhores cores para as figuras principais, partem da relatividade cultural do simbolismo das cores, obtendo uma mistura de elementos variáveis, que se opõe a qualquer tentativa de análise.

Para além de um fenómeno estético, as sensações visuais coloridas, são o resultado de um processo triplo: físico, neurofisiológico e psicofísico. As radiações luminosas, resultantes da interacção da luz com a superfície dos objectos, provocam um estímulo dos receptores visuais que originam a sensação de cor, interpretada de acordo com o estado de espírito e o comportamento. Consoante a natureza dos pigmentos da pintura e a reflectância espectral da superfície, as radiações incidentes são reflectidas e espectralmente modificadas, provocando uma estimulação visual susceptível de avaliação psicofísica por colorimetria ou ciência da cor (Crettez, 1999, 53).

A aparência das cores pode ser representada num diagrama tridimensional. As variações de luz e sombra situam-se num eixo vertical no espaço, estando unidas pelo branco e preto nos vértices. Este eixo, também referido como eixo acromático, distingue-se dos eixos ortogonais ou planos de cor. Nestes planos, o vermelho e o verde estão localizados em lados opostos ao azul e ao amarelo, isto porque a mistura destes planos resultaria não em vermelhos esverdeados ou azuis amarelados, mas acromática (branco, preto ou diferentes tonalidades de cinzento). O “centro de gravidade” na mistura espacial de cores, coincide com o eixo acromático. Daí a designação de opostos para os planos horizontais. Todas as cores podem ser descritas em termos de misturas perceptuais de seis cores elementares, as cores opostas cromaticamente (vermelho, verde, amarelo e azul) e as cores acromáticas (preto e branco). Logo, a percepção da cor, deriva da organização da retina e do cérebro e condiciona a linguagem utilizada para descrever as cores (Werner, 1999, 62).

2. Pigmentos e ligantes.

2.1. Introdução

Quando Bacon escreveu, em 1620, *O trabalho da arte e da ciência devia ser como uma mina, onde o ruído de novos trabalhos e avanços seria ouvido em ambos os lados*, as mudanças ocorreram demasiado lentamente, no entanto, no início do século XVII, os pintores já beneficiaram com os resultados das inovações tecnológicas. Novos pigmentos foram produzidos por indústrias que não possuíam ligação à indústria das tintas. Tornou-se possível fabricar pigmentos não tradicionais, porém a sua viabilidade económica dependia da indústria a que se encontravam ligados, sendo produzidos fora da indústria da pintura. (Harley, 1982, 181) No final do século XVIII, apesar da evolução industrial, os novos pigmentos ainda dependiam de indústrias que não se relacionavam directamente com a sua produção. O potencial dos novos compostos era reconhecido mas não explorado de imediato. Por vezes, um determinado pigmento não poderia ser posto em circulação devido à falta de matéria-prima.

Os pigmentos brancos são os que se encontram associados de forma mais evidente aos avanços científicos do século XVIII e que permaneceram em uso até aos nossos dias: o branco de chumbo (utilizado na pintura a óleo), o branco de zinco e a barite. Estes últimos suplantaram a utilização dos brancos à base de cálcio. Actualmente, o branco de zinco e a barite, não se apresentam como pigmentos mas como extensores, melhorando as características de outros pigmentos.

A utilização de novas cores levantou questões relativamente à sua estabilidade, comportamento, resistência à luz e reacção com outros pigmentos, pois comparativamente com os pigmentos tradicionais, utilizados durante séculos e com inúmeras referências em tratados, estes novos pigmentos apresentavam inúmeras características desconhecidas. Ao mesmo tempo que se exigia durabilidade e permanência, requeriam-se características estéticas e ópticas quanto ao brilho, poder de cobertura, transparência ou opacidade e tempo de secagem. Aspectos como a toxicidade eram colocados em segundo plano.

No século XIX, arte e ciência tornaram-se dois mundos separados devido à mudança de estatuto por parte dos pintores, que deixaram de ser classificados como artesãos. Os pintores concentraram-se no aspecto estético e intelectual da arte, separando-se do seu carácter mecânico e eminentemente manual. Os documentos dos séculos XVIII e XIX, reflectem uma separação de ofícios colocando os pintores como uma classe superior à dos

artesãos. Com o tempo, os pintores tomaram cada vez mais consciência da necessidade de um conhecimento mais profundo das técnicas e dos materiais utilizados, foi retomado o estudo de tratados e houve uma reaproximação às ciências, principalmente a química, a grande responsável pela introdução de novos pigmentos e do estudo das suas características.

No século XX, novos tipos de ligantes surgiram no mercado. No início, o mais comum era o óleo utilizado na produção de tintas para interior e exterior de edifícios. Com a evolução do mercado, passaram a ser utilizadas resinas sintéticas, com vantagens relativamente ao óleo, nomeadamente no menor tempo de secagem e no menor amarelecimento. A evolução dos materiais para artes plásticas começou com estas inovações, embora a um ritmo lento. No início de 1960, quando as emulsões acrílicas se estabeleceram no mercado, começou a haver uma inversão da predominância das tintas a óleo. Surgiu uma enorme variedade de materiais, dominados por quatro importantes grupos: nitro celulose, alquidos, acetato de polivinilo e acrílicos. Destes, o acrílico tornou-se o mais importante material utilizado pelos artistas, enquanto os restantes foram aplicados na pintura de edifícios. Embora novas classes de ligantes tenham surgido – poliuretano, silicato de etilo, borracha clorada e epóxida – o seu uso limitou-se, regra geral, a formulações industriais específicas, com pouca expressão na arte. (Crook, Learner, 2000, 13)

Apesar da extensa utilização das tintas acrílicas, o óleo continua a ter um importante papel na arte contemporânea. Em conservação e restauro, a utilização de tintas à base destes dois ligantes é bastante limitada, privilegiando-se a utilização de aguarelas, pigmentos em pó e mais recentemente, de tintas de retoque, criadas especialmente para o mercado da conservação e restauro, onde o pigmento se encontra aglutinado em goma-arábica ou resina mastic.

2.2. Pigmentos – breve abordagem histórica.

Desde há milénios que o Homem embeleza o seu Mundo e expressa os seus pensamentos através da pintura, aplicando-a sobre todo o tipo de suportes. A característica comum a todas estas manifestações é a sua formulação básica, que consiste na mistura do pigmento com um ligante, normalmente líquido, que quando seca forma um filme, fixando o pigmento ao suporte. As primeiras pinturas foram feitas em cavernas, sobre a superfície rochosa. As paredes eram decoradas utilizando excrementos, lodo, lama ou carvão,

misturados com saliva ou gordura animal. Os pigmentos, normalmente preto de carbono ou ocre, fixavam-se ao suporte devido à sua porosidade e à secagem do ligante. Ao longo dos anos inúmeras escavações arqueológicas expuseram diversas sepulturas, cujos corpos se encontravam cobertos de pigmento vermelho ou com recipientes contendo pigmentos enterrados ao lado do corpo. O Homem pré-histórico percebeu, que ao contrário das cores de origem vegetal e animal, aquelas que provinham de depósitos de óxido de ferro não se alteravam tão rapidamente. Por esta razão alguns arqueólogos pensam que eram percorridas longas distâncias apenas para manter o fornecimento de pigmento vermelho. Nos vários lugares onde se identificaram sítios pré-históricos, desde o Texas até à África do Sul, foram descobertos caminhos que levavam a depósitos explorados de hematite. Pensa-se que a razão da exploração mineira teve início com a necessidade do homem pré-histórico de conseguir pigmento vermelho. Combinando experiências, historiadores de arte, arqueólogos, cientistas e conservadores, utilizaram análises químicas e estudos etnográficos para reconstituírem hipoteticamente quais os materiais e técnicas utilizados. Assumiu-se que todas as cores utilizadas são de origem mineral (óxidos de ferro e manganésio) ou carbono. A sua limitada paleta era constituída por três cores principais: vermelho, preto e amarelo. Os vermelhos, amarelos e castanhos provinham de limonites e hematites (ocres e sienas). Tons vermelho-violeta e malva eram talvez o produto do peróxido de ferro natural transformado lenta e naturalmente em óxido violeta. Os pretos provinham do minério de manganésio e do carvão. Escavações em Lascaux especulam que os habitantes das cavernas viajavam cerca de 25 milhas para obter óxido de ferro, que extraíam directamente do solo em aglomerados ricos em argila. A consistência destes aglomerados permitia a sua moldagem em “lápiz” ou em pastas líquidas. Os aglomerados podiam também ser moídos, utilizando osso como almofariz. O pigmento era transformado em pasta utilizando diversos ligantes: água, sucos vegetais, urina, gordura animal, medula de osso, sangue e albumina. Os pigmentos à base de óxidos de ferro constituíam a paleta básica dos antigos artesãos do Egipto, Índia e China. Os Minóicos, a quem se atribui a invenção do fresco, misturavam os pigmentos com água aplicando-os sobre uma superfície de cal húmida¹.

Os pigmentos utilizados na Antiguidade continuaram a fazer parte da paleta dos pintores durante a Idade Média, ocorrendo poucas inovações. Nos séculos XVI e XVII, os pintores

¹ <http://webexhibits.org/pigments/intro/early.html> (2006)

não só utilizavam técnicas tradicionais, como pigmentos tradicionais, tais como o ocre, o vermelhão ou o branco de chumbo. Nessa época, a Europa evoluía tecnologicamente e descobria novos mundos, tornando-os mais próximos; na pintura esta aproximação reflectiu-se não só na temática, como no aumento da paleta de cores e na maior facilidade de aquisição de pigmentos.

No século XVI o desenvolvimento da indústria mineira e do vidro, asseguraram a presença do esmalte por toda a Europa. No mesmo período, o uso industrial de ácidos minerais alcançava grande importância. O ácido nítrico utilizado no refinamento da prata, produzia azul e verde verditer, como produção secundária. O ácido hidrocloreto tornou-se acessível em meados do século XVII, sendo posteriormente utilizado no fabrico do azul da Prússia. O ácido sulfúrico, muito utilizado na indústria têxtil, em meados do século XVIII, utilizou-se no fabrico de pigmentos ferrosos. Os químicos eram capazes de produzir óxidos de ferro e outros pigmentos não tradicionais, mas a viabilidade comercial dos novos pigmentos estava dependente de factores económicos; os pigmentos eram produzidos se o processo fizesse parte de uma indústria maior, ou se o pigmento fosse necessário para outra indústria além da pintura. Por exemplo, o *verditer*, era um subproduto, o esmalte tinha aplicações na indústria do papel e da lavagem e o azul da Prússia era utilizado no tingimento de têxteis. As novas cores, eram também utilizadas para decoração (Harley, 1982, 181). Mesmo no final do século XVIII, quando os progressos químicos e industriais foram bastante significativos, a disponibilização de novos pigmentos continuava dependente de circunstâncias económicas. As potencialidades dos compostos descobertos eram reconhecidas, mas nem sempre exploradas. Por vezes o pigmento não podia entrar imediatamente no mercado devido à falta de matéria-prima, outras vezes ficava dependente de pedidos para outras indústrias (Harley, 1982, 182).

Por esta altura, uma boa selecção de cores azuis encontrava-se disponível. Ultramarino natural, azurite, esmalte, azul Prússia, índigo, azul-cobalto (vindo da indústria cerâmica) e ultramarino Francês. Estes dois, os últimos a ser introduzidos, juntamente com o azul Prússia e o índigo (em menor extensão) substituíram o esmalte e o ultramarino natural, como os azuis mais utilizados no século XIX. Todos estes pigmentos tinham aplicações em outras indústrias, e quando o índigo passou a ser produzido industrialmente, a produção de índigo natural decaiu e o fornecimento para os artistas cessou (Harley, 1982, 182).

Os pigmentos verdes estavam disponíveis em menor número que os azuis, não existindo nenhum verde totalmente permanente. Para além da terra-verde e do verde orgânico, muito utilizados no século XVIII, a maioria dos pigmentos verdes era à base de cobre, não sendo nenhum totalmente satisfatório. A criação em finais do século XVIII do verde de Scheele e de Brunswick, não foi duradoura, em 1835, os verdes malaquite, verdigris e esmeralda, eram os únicos pigmentos à base de cobre disponíveis. Estes três verdes são actualmente obsoletos, apesar do verde-esmeralda, utilizado como pigmento e insecticida, ter sobrevivido até à segunda metade do século XX. A mais importante pesquisa relacionada com o pigmento verde no início do século XIX, foi o estudo dos compostos de crómio. O óxido de crómio opaco conseguiu rápida aceitação na indústria cerâmica e uma variedade transparente foi criada para pintura um pouco mais tarde. Ambas as variedades se encontram disponíveis actualmente, bem como o terra-verde (Harley, 1982, 182).

No início do século XIX encontrava-se disponível uma grande gama de amarelos. O massicote tornou-se obsoleto, mas o auripigmento e o amarelo de Nápoles ainda se encontravam disponíveis, apesar de pouco utilizados. A introdução de *patent yellow*, um subproduto da indústria da soda, substituiu o auripigmento, sendo posteriormente substituído por outros pigmentos. O isolamento do crómio, bário, platina e cádmio, tornou possível a produção de novos amarelos. Inicialmente o crómio era de difícil obtenção, mas logo que o minério de cromite foi descoberto, rapidamente passou a ser produzido sendo o fabrico do pigmento estimulado devido ao seu uso na indústria do algodão. A platina era utilizada na cerâmica, no entanto a matéria-prima era demasiado dispendiosa para os artistas, bem como o cádmio. O amarelo de crómio sobreviveu apesar das suas deficiências, uma vez que era produzido com baixo custo económico. Os amarelos orgânicos utilizados eram o amarelo da Índia, a goma-guta (importado também para a indústria farmacêutica) e a quercitrina, utilizado na indústria têxtil até ser substituído por amarelos orgânicos sintéticos. Os pigmentos amarelos disponíveis por volta de 1835 são o amarelo ocre, amarelo de Marte, os crómios (incluindo o amarelo limão), os cádmios e a goma-guta. A utilização do ouro, permaneceu apenas nas aguarelas em iluminuras e apenas como uma tradição perdida (Harley, 1982, 183).

A gama de pigmentos vermelhos era menos extensa. Utilizavam-se vermelho ocre, vermelho de Marte e vermelhão e em menor quantidade, vermelho de chumbo e realgar. O vermelho de crómio foi introduzido, mas nunca se tornou tão popular como as variedades

amarela e laranja. Utilizado por pouco tempo devido às suas fracas propriedades foi o iodo escarlate, resultado de pesquisa científica e utilizado como anti-séptico. Utilizaram-se vários materiais orgânicos puros para fabrico de vermelho, entre os quais a garança e a cochonilha eram os mais importantes. O grande desenvolvimento da gama de vermelhos deveu-se ao melhoramento da técnica de lacagem, no início do século XIX, resultado de uma melhor utilização de metais no tingimento de têxteis, durante o século XVIII. O melhoramento da técnica permitiu aos fabricantes de cor do século XVIII produzir uma grande variedade de vermelhos de garança, desde o rosa, passando pelo escarlate e carmesim, até ao púrpura e castanho. A posterior introdução da alizarina sintética, levou ao declínio do cultivo de garança, pelo que as tintas para pintura feitas desta planta se tornaram mais caras e raras. O rosa de garança continua disponível actualmente, bem como o vermelho ocre, o vermelho de Marte, o vermelhão e o carmim (Harley, 1982, 183).

Os pigmentos de cor preta e castanha, reflectem menos o avanço da ciência, revelando mais a influência da moda – o uso de asfalto, preto de múmia e terras betuminosas, demonstram o desejo de muitos artistas de conseguir sombras translúcidas em pintura a óleo. Os pigmentos disponíveis em 1835 e que actualmente ainda se encontram disponíveis incluem o ocre, sombra, castanho de Marte, castanho Vandyke, marfim, *lamp black* e tinta da Índia. O preto de asfalto, múmia, bistre e sépia genuína são actualmente obsoletos (Harley, 1982, 183).

Os pigmentos brancos tornam-se mais interessantes pois estão mais directamente associados com as descobertas científicas do século XVIII. Existiam três pigmentos brancos importantes no século XVIII: branco de chumbo (o único utilizado na pintura a óleo), o branco de zinco e as barites. Os últimos dois eram relativamente recentes, tendo suplantado os brancos tradicionais à base de cálcio, utilizados em séculos anteriores. Estes três pigmentos ainda se utilizam actualmente, embora as barites estejam agora restringidas à sua utilização como extensores, para melhorar as propriedades de outros pigmentos (Harley, 1982, 183).

Aspectos relacionados com a qualidade dos pigmentos, não são actuais, muitos artistas em diferentes séculos manifestaram essa preocupação, originando muitas vezes uma estreita colaboração entre arte e ciência. O brilho, o poder de cobertura, a transparência, opacidade, consistência, tempo de secagem, facilidade de aplicação, permanência, toxicidade, são

alguns dos aspectos que antes e agora, continuam a preocupar artistas e fabricantes, levando a uma cada vez maior procura de qualidade na obtenção do produto final. Ao longo dos séculos XVIII e XIX foram surgindo diversas queixas relacionadas com a qualidade de algum do material de pintura adquirido. Embora seja verdade que alguns comerciantes adulteravam os produtos vendidos, uma grande parte dos resultados negativos deveu-se à perda de conhecimento das técnicas de pintura dos Antigos Mestres; foram cometidos diversos erros técnicos, que mais tarde trouxeram consequências nefastas para as obras. A tomada de consciência para este facto, levou a que alguns teóricos revisitassem os antigos tratados de pintura. A modernização de muitos dos processos de fabrico principalmente a introdução de novos pigmentos com novas origens, tornou necessário que o artista tivesse alguma consciência do tipo de material a utilizar; é curioso perceber que este foi um aspecto negligenciado por muitos artistas tanto em épocas anteriores como mais actuais. Actualmente, é visível esta preocupação por parte de alguns pintores, muitos deles adaptando técnicas de pintura antiga, a materiais e temas actuais. A necessidade de registo dos materiais utilizados, fenómeno que preocupa alguns artistas contemporâneos, é encarada como aspecto fundamental, para posterior interpretação da obra, no caso de necessitar de alguma intervenção, ou mesmo para melhor adequar a sua conservação.

2.3. Ligantes

As tintas são uma mistura de pigmento e ligante. O pigmento é escolhido pelo seu efeito cromático, a sua qualidade, a sua resistência, a sua facilidade de aplicação quando misturado com o ligante, conferindo à obra as suas características ópticas: coloração, opacidade, transparência, ... A natureza dos ligantes é um pouco difícil de definir, uma vez que desempenham diversas funções, dando coesão aos pigmentos, às cargas e aos diferentes materiais que compõem a matéria pictórica. (Garcia, 1993, 214) A matéria pictórica líquida deverá ser fluida, homogénea e fácil de aplicar. Os ligantes aglutinam os diferentes materiais que compõem a tinta, pelo que podem ser considerados aglutinantes. Por outro lado devem ser capazes de mudar de estado, passando de uma fase líquida, que permite trabalhar a cor, a uma fase sólida que irá conferir à obra solidez e resistência. Na fase sólida os ligantes devem formar um filme contínuo, duro, resistente e coerente –

ligantes com estas características são por vezes denominados de filmogéneos (Garcia, 1993, 215).

O termo ligante não é completamente unânime, sendo possível encontrar diversas designações em diferentes tratados de pintura: veículo, *medium*, aglutinante ou filme. A designação veículo, pode definir o ligante, o seu diluente ou a mistura dos dois. A expressão *medium* é muito utilizada actualmente, podendo ter dois significados: ser sinónimo de ligante ou possuir características particulares que permitem modificar algumas propriedades das tintas. (Garcia, 1993, 215). O termo aglutinante é muitas vezes utilizado como sinónimo de ligante, mas define apenas uma das propriedades dos ligantes. Filme é uma antiga designação utilizada em tratados tardios (Garcia, 1993, 216).

O óleo tem sido, ao longo dos últimos quinhentos anos, o ligante mais importante em pintura. A utilização de óleos secativos, era comum no início do século XV. Para muitos artistas a pintura a óleo ainda é a primeira escolha, possivelmente devido à sua grande versatilidade. O óleo aceita uma vasta gama de pigmentos, garantindo efeitos opacos ou transparentes, sendo capaz de produzir cores saturadas e profundas. Quando utilizado directamente do tubo, a sua textura é pastosa e pode ser manipulada permitindo conseguir uma variedade de efeitos. Pode ser espalhado sobre o suporte produzindo uma camada lisa ou texturada, utilizando um pincel ou outros materiais, como espátulas. Quando aplicado espesso, a sua viscosidade permite que mantenha a forma de aplicação. Muitos artistas tiraram vantagens destas propriedades produzindo superfícies tridimensionais através de grandes aplicações de tinta e empastes. As tintas a óleo podem ser modificadas produzindo uma elevada gama de saturação da cor e brilho, que pode ser aumentado por adição de mais *medium* e reduzido diluindo-o com o solvente adequado. O diluente tradicional é a terebintina, mas actualmente solventes como o *White Spirit*² são mais utilizados. Outros artistas conseguem diferentes efeitos com o óleo adicionando outros materiais, como por exemplo areia (Crook, 2000, 14). A pintura a óleo seca devido a uma série de complexas reacções químicas que envolvem a incorporação de oxigénio da atmosfera no filme. Trata-se de um processo relativamente lento: pode demorar semanas até que uma pintura a óleo esteja seca ao toque. Se a pintura não está em contacto com o oxigénio, tende a secar à superfície, permanecendo o interior fluido. Quando isto acontece pode ocorrer

² Ver ponto 4.3.3. – Pigmento comercial.

enrugamento (Crook, 2000, 14). Existe um grande número de óleos que podem ser utilizados como ligantes. O óleo de linhaça é o mais utilizado devido ao seu relativamente rápido tempo de secagem, tendo como contrapartida, o facto de apresentar uma maior tendência para amarelecer com o tempo. Outros, com menor amarelecimento foram utilizados, especialmente para cores brancas e claras. No início do séc.XX esses óleos eram o de noz ou de papoila, mas durante o decorrer do século outros passaram a ser utilizados, tais como o de girassol ou soja. Os ligantes utilizados actualmente nas tintas a óleo são muito semelhantes aos utilizados pelos Antigos Mestres. As diferenças estão nos componentes adicionados, tais como os pigmentos e seus extensores. Muitas variedades contêm pequenas quantidades de secativos – usualmente sais de chumbo, cobalto ou manganésio – que aumentam a rapidez de secagem. O mais recente desenvolvimento é uma tinta a óleo miscível em água, cujo óleo foi modificado para misturar com a água em vez de a repelir (Crook, 2000, 14).

Novos tipos de ligantes surgiram no mercado durante o século XX. Tal como referido, no início do século anterior, o ligante mais utilizado para fabrico de tintas para artistas, bem como para tintas para outros mercados, como pinturas interiores e exteriores de edifícios, era o óleo. Com o decorrer do século, a indústria de tintas para construção expandiu-se rapidamente, especialmente com o avanço do mercado da *bricolage*, surgindo grandes investimentos nesta área. Grande parte desses avanços baseava-se na utilização de resinas sintéticas como ligantes, oferecendo inúmeras vantagens em relação às tradicionais tintas a óleo, como a elevada rapidez de secagem e o reduzido grau de amarelecimento. Os avanços ao nível das tintas para arte, decorreram a um ritmo muito mais lento, só no início da década de sessenta, quando as emulsões acrílicas se estabeleceram no mercado artístico, as pinturas sintéticas começaram a desafiar o óleo (Crook, 2000, 12).

Uma grande variedade de materiais industriais foi desenvolvida, no entanto, somente quatro classes de resinas sintéticas foram largamente utilizadas na pintura do século XX. Estas são, por ordem de introdução no mercado, a nitro celulose (ou piroxilina), alquidos, acetato de polivinilo (PVA) e acrílicos. Destes, os acrílicos foram as resinas sintéticas mais importantes e de melhor qualidade, uma vez que as outras tintas eram principalmente utilizadas em pinturas de casas e outras aplicações industriais. Apesar de outras classes de resinas sintéticas terem sido utilizadas na manufactura de tintas, tais como o poliuretano,

silicato de etilo, borracha clorada e epóxicas, a sua utilização foi principalmente restrita a fórmulas industriais especializadas, e raramente são encontrados em obras de arte (Crook, 2000, 12).

No espaço de algumas dezenas de anos, um ofício que se desenvolveu depois da Idade Média com as suas regras, utensílios, corporações e oficinas, caía no esquecimento. Entre finais do século XVIII e a segunda metade do século XIX, os pintores perderam o conjunto de elementos que caracterizavam o seu ofício. Perderam saberes próprios às suas técnicas, nomeadamente na utilização de alguns materiais, desconhecendo o comportamento de alguns deles ou utilizando-os de forma incorrecta, um dos exemplos é a utilização de betume; os pintores antigos utilizavam-no apenas para ligeiros *glacis*, não em grandes quantidades. Nas pinturas do século XIX, onde o betume foi aplicado em grandes empastes, a tinta não secou em profundidade originando enfolamentos, aparecimento de bolhas e grandes craquelés (Garcia, 1993, 14). Muitos pintores utilizavam os materiais de forma indiferenciada, sem cuidados particulares.

O desaparecimento do ofício de pintor deve-se principalmente a dois factores: o fim da pintura clássica e a chegada da sociedade industrial. O século XIX marca a viragem na história da pintura; enquanto que no século XVIII a pintura reagrupa os artistas de acordo com as suas concepções da arte (não esquecendo conflitos entre escolas ou pintores), o século XIX vê surgir um novo fenómeno: a ruptura entre as diferentes concepções da pintura. Os impressionistas opõem-se aos pintores académicos, que por sua vez serão contestados pelos simbolistas, que não serão poupados pelos nabis... A pintura é atravessada por uma sucessão ininterrupta de movimentos e escolas. Estas mudanças não se farão sem prejuízo para o ofício (Garcia, 1993, 17).

A perenidade do ofício era assegurada por três pontos essenciais: a existência de uma formação estruturada, o desejo do pintor em adquirir formação técnica e o tempo ocupado no trabalho de criação e execução das obras. A passagem da pintura clássica para a moderna altera consideravelmente estes três elementos. Os novos pintores do século XIX são autodidactas, reivindicando total liberdade de imagem e execução, ignorando a formação em *atelier*. Neste espírito, as regras surgem como um entrave à liberdade do pintor. Por outro lado, a necessidade de criar novas imagens, necessita de métodos e materiais mais adequados; surgem novas técnicas de sobreposição, aplicam-se pinceladas

mais rápidas para obter as imagens instantâneas dos pintores impressionistas. Os pintores têm em consideração aspectos estéticos, em detrimento de aspectos técnicos (Garcia, 1993, 18).

A fronteira que separa a pintura das outras disciplinas torna-se cada vez mais permeável, o que irá beneficiar os pintores, tornando mais fácil o acesso às novas tecnologias. A maioria dos pintores não possuía grande poder económico e não tendo acesso a materiais de qualidade, recorriam aos novos produtos, mais acessíveis economicamente, mas de qualidade questionável. As consequências da escolha destes materiais ainda hoje são visíveis em obras do século XIX e início do século XX: materiais e técnicas medíocres. (Garcia, 1993, 20). A perda das técnicas tradicionais encontra-se directamente ligada ao desenvolvimento de uma indústria especialmente dirigida para os pintores; aumentando um movimento já surgido no século XVIII, a indústria do século XIX, oferece aos pintores telas e cores já preparadas, vendidas em tubos e vernizes prontos a aplicar, ... Tudo se torna mais simples.

Actualmente tenta-se unir as duas correntes, a antiga e a moderna. Da corrente antiga fazem parte os saberes transmitidos já não em oficinas ou corporações mas em escolas, existem numerosos cursos de pintura que retomam os conhecimentos transmitidos pela análise das obras dos Velhos Mestres e dos Tratados de Pintura, voltam a ser estudados os antigos materiais e a sua forma de utilização, ainda que muitas vezes apenas como curiosidade. A corrente moderna alia os conhecimentos académicos aos novos materiais, produzidos por uma indústria mais competitiva e com maior concorrência, o que trouxe mais qualidade ao material produzido. Actualmente, o pintor já sabe o que esperar dos diferentes materiais, os critérios de qualidade são cada vez mais elevados e apesar da diferença de custos existente, um material mais barato não é necessariamente de qualidade muito inferior a um material mais dispendioso.

2.4. Pigmentos brancos

O branco é a cor mais utilizada na pintura europeia sobre madeira. Substitui a luz na pintura e mistura-se com todas as cores que precisam de ser clareadas. Durante grande parte do século XIX os artistas utilizavam exclusivamente branco de chumbo; a partir de 1840, passou a utilizar-se também o branco de zinco e desde 1918, o branco de titânio.

Antes e durante grande parte do século XX o branco de chumbo foi o pigmento mais importante na pintura sobre madeira (Nicolaus, 1998, 268).

O branco representa a essência de todas as cores, porém a sua utilização nem sempre foi aceita de forma unânime. Em certos casos a sua aplicação é preciosa, sendo necessária como forma de conseguir contrastes, reforçando o valor das outras cores. O uso do branco (e do preto) na pintura, para coloristas como Rubens e Ticiano não era bem aceita, Rubens afirma “*é muito prejudicial utilizar o branco e o preto*”, Ticiano afirmava “*gostava que o branco custasse tanto como o azul e o azul como o branco*”. Pierre Lebrun escreveu “*utilizar muito branco é um veneno para o esplendor e a graça de uma pintura, diminui o valor das outras cores e corrompe as sombras*” (Piva, 1996, 63). Estes e outros pintores não aprovavam a utilização da cor branca de forma generalizada, no entanto muitos outros pintores a utilizavam, principalmente para clarear cores. O mesmo acontecia com a utilização de branco para efeitos de velatura.

Se o branco misturado com outras cores não era totalmente aceite, a sua utilização como camada subjacente à pintura conferia transparência e luminosidade às cores que se lhe sobrepunham. Este valor é reconhecido por Leonardo da Vinci (Piva, 1996, 64).

Pigmentos brancos utilizados ao longo dos séculos:

Branco de osso (*Bone White*) [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] e branco de concha (*Shell White*) [CaCO_3]

Diversos pigmentos compostos principalmente por cálcio, foram utilizados ocasionalmente como substituto do branco de chumbo, devido à necessidade de um branco inerte, compatível com o auripigmento (sulfureto de arsénio) e que não escurecesse quando utilizado em aguarela. O branco de chumbo, sem dúvida o mais importante e mais utilizado pigmento branco, apresentava deficiências nestes dois aspectos. O branco de osso, composto por fosfato de cálcio e carbonato de cálcio, é referido pontualmente em fontes do séc. XVII, no entanto nunca foi utilizado de forma alargada. Fontes do séc. XVIII recomendam este branco como o único capaz de produzir um bom branco para aguarela. Da mesma forma, o branco produzido através de conchas ou de casca de ovo é raramente mencionado. Alguns autores sugerem a utilização de pérolas moídas ou da parte nacarada da concha da ostra, obtendo uma cor branca de boa qualidade para aguarela (Harley, 1982, 164).

Carbonatos [CaCO₃]

Os pigmentos brancos à base de cálcio são o gesso (sulfato de cálcio hidratado) e o carbonato de cálcio. O primeiro composto raramente é referido em fontes documentais como pigmento, sendo utilizado como carga na preparação do suporte para pintura, principalmente nos países nórdicos. Os carbonatos são referenciados como utilizados na forma de mármore moído (forma cristalina do carbonato de cálcio) e cré. Alguns autores denominam o cré de Terra Branca, atribuindo-lhes nomes de acordo com a sua origem: branco de Espanha, branco de Tróia, branco de Rouen, branco de Bougeval, branco de Paris e branco da China, não significando que todos os brancos provinham realmente do local mencionado, embora a maior parte assim fosse. O branco de Espanha não provinha necessariamente de Espanha, encontrando-se indicações na literatura inglesa de como o produzir: “pegar em cré e moê-la com uma terça parte de alúmen em água, até ficar uma mistura espessa como papa, então fazem-se pequenas bolas, deixando-as secar, quando secas colocam-se no fogo e até ficarem vermelhas, então retira-se e deixa-se arrefecer; é um pigmento ideal para misturar com goma-arábica” (Harley, 1982, 165). Alguns autores sugerem a mistura deste branco com branco de chumbo. Os carbonatos eram também utilizados na pintura a óleo, no entanto é difícil precisar qual o seu grau de utilização, pois eram muitas vezes incluídos no pigmento chamado de alvaiade (cerusa), uma mistura com branco de chumbo. A partir do século XVII, esta denominação aplicava-se apenas à mistura com branco de chumbo, enquanto que no século XVI, poderia designar uma mistura de branco de chumbo ou estanho com outro pigmento branco (Harley, 1982, 165). Logo, é impossível afirmar que a denominação de um pigmento como alvaiade (cerusa) significa obrigatoriamente que esse pigmento contenha cré.

Outro pigmento que permanece relativamente desconhecido é o alvaiade de Veneza, nome que surge em muitos manuscritos ingleses de final do século XVI e início de XVII, mas cuja composição permanece duvidosa, não sendo possível afirmar que se trata de facto de branco de chumbo puro ou de uma mistura. Actualmente crê-se que o alvaiade de Veneza, a partir de finais do século XVII, era uma mistura de branco de chumbo e barites (Harley, 1982, 166).

Tanto o branco de Espanha como o de Champagne, Meudon, Bougival ou Biancone, têm na sua composição carbonato de cálcio, proveniente de jazidas de conchas do mar, que moídas, decantadas e secas, formam um pó branco, particularmente útil para a pintura a

têmpera. Estes brancos são utilizados na camada de *intonaco*³ na pintura mural a têmpera, assim como o branco de Florença, também um carbonato. (Piva, 1996, 68). O branco de S. Giovanni, utilizava-se principalmente em pintura mural a fresco, sendo o mais indicado para este tipo de pintura. É cal viva, seca e reduzida a pó, que depois é imersa em água, que se muda todos os dias, durante oito dias. Ao fim desses dias é retirada e seca ao sol (Piva, 1996, 69).

Branco de chumbo [2PbCO₃.Pb(OH)₂]

O branco de chumbo é um pigmento com uma longa história, já Vitróvio no século I, descreveu a sua forma de fabrico, sendo possível encontrar instruções para a sua manufactura em inúmeros manuscritos desde o século XVI (Harley, 1982, 166). Fontes medievais descrevem a produção de branco de chumbo da seguinte forma: depois de limpo um barril, deveria colocar-se no seu interior dois galões de vinagre e tiras de chumbo colocadas à superfície do líquido. Depois de retirada a maior quantidade possível de ar do barril, este deveria permanecer fechado durante oito semanas; após este tempo o barril era aberto e o pigmento branco raspado das tiras de chumbo. Pela análise do processo deduz-se que o branco produzido seria acetato de chumbo e não carbonato de chumbo básico – a produção mais corrente no século XX. As pranchas eram posteriormente secas ao sol, o que poderia originar a formação de carbonato de chumbo básico. Alguns autores sugerem a queima das tiras de chumbo no fogo após a sua colocação no vinagre, assegurando a produção de um branco de melhor qualidade. O branco de chumbo foi fabricado em Inglaterra em larga escala no século XVII, possuindo o monopólio do fabrico de branco e vermelho de chumbo. A obtenção de branco de chumbo a nível industrial era conseguida de forma praticamente idêntica ao processo artesanal com excepção das dimensões das barras de chumbo e da quantidade de barris utilizados, podendo chegar aos 1600. Após a separação das partículas de branco, estas eram moídas em água entre mós, o pigmento era depois moldado em pequenas peças e seco ao sol. Descrições dos séculos XVIII e XIX, referem este processo (Harley, 1982, 167). O maior problema na produção de pigmento era a condição de saúde dos trabalhadores, que sofriam de diversos sintomas de

³ *Intonaco*: palavra de origem italiana que designa o segundo reboco aplicado sobre uma parede. Trata-se de um reboco fino, geralmente sobreposto ao *arricio*, o primeiro reboco, embora possa ser aplicado directamente sobre a parede. É o suporte da pintura mural. (Calvo, 2003, 123)

envenenamento, especialmente os trabalhadores encarregues de separar os flocos da moagem e da secagem (Harley, 1982, 168).

Ao longo dos anos foram tentados diferentes métodos para redução das poeiras no ar. A mistura do pigmento com o ligante, diminuía o risco de envenenamento por chumbo.

São várias as referências ao branco de chumbo na literatura sobre pintura; branco de chumbo (*Lead White*) era o nome mais comum, no entanto em finais do século XVII a denominação de *Flake White* torna-se corrente em Inglaterra (Harley, 1982, 169). Alguns autores recomendam a compra do pigmento ainda em floco, procedendo posteriormente à sua moagem, como forma de garantir sua pureza. Também em Inglaterra surge a denominação de *Nottingham White* (branco de Nottingham), um branco produzido utilizando vinagre de cerveja (Harley, 1982, 170). Outros nomes associados são *French White* (branco francês), *Silver White* (branco de prata), *Cremnitz White* (branco de Cremnitz), *Viena White* (branco de Viena), importados para Inglaterra. Como aguarela este pigmento escurecia quando misturado com a goma e em contacto com uma atmosfera contendo sulfito de hidrogénio. Como forma de contornar este problema alguns autores recomendam envernizar imediatamente a pintura (Harley, 1982, 171). O precipitado do branco de chumbo foi utilizado em aguarela desde finais do século XVIII, até início do século XIX. Também em finais do século XVIII, surge uma outra forma de fabrico, que consistia na formação de sulfato de chumbo, através da adição de ácido sulfúrico ao chumbo. Este processo utilizava-se apenas para produção de pigmento para aguarela, pois era considerado por alguns pintores o melhor branco para esta técnica, no entanto, algumas amostras eram de qualidade inferior ao branco em floco em opacidade e permanência. Ainda se encontrava no mercado em 1830, sendo vendido em frascos, com o nome de *Flemish White* (branco flamengo) (Harley, 1982, 172). O branco de chumbo também é conhecido como branco de Krems (o mesmo que Cremnitz) e *biacca* (italiano) (Piva, 1996, 65).

O branco de chumbo não deve ser misturado com amarelo de cádmio, vermelhão e laca de garança. Apesar da resistência deste pigmento é necessário saber utilizá-lo, para atenuar os efeitos da sua alteração os antigos recomendam uma mistura de uma parte de branco de zinco e três partes de branco de chumbo (Piva, 1996, 140).

Branco de estanho

Até ao início do século XVII, o branco de estanho era usado em aguarela, apesar de se tornar acinzentado com o tempo. A sua forma de preparação é idêntica ao branco de chumbo. De acordo com fontes documentais este branco era utilizado em manuscritos, no entanto, os resultados obtidos não eram satisfatórios devido à alteração de cor após a adição do ligante; quando a produção de iluminuras em manuscritos declinou, a sua utilização quase desapareceu, apesar de ainda se encontrarem algumas referências à sua utilização no século XVII. Van Dyck tentou a sua aplicação em óleo, mas sem resultados satisfatórios, principalmente quando comparado com o branco de chumbo (o branco mais utilizado), possuindo pouco poder de cobertura (Harley, 1982, 172). Outros artistas experimentaram este branco chegando a conclusões idênticas, para além do pouco poder de cobertura, escurecia por acção solar e alterava o branco de chumbo quando misturados. Apesar de desaparecido da paleta dos miniaturistas a sua utilização continuou com os esmaltadores (Harley, 1982, 173).

Branco de bismuto

O bismuto é conhecido pelo menos desde o início do século XVI, estando mencionado em fontes relativas a minas e a metalurgia. A sua utilização como pigmento conseguia-se através da mistura com ácido nítrico e posterior adição de água, ocorrendo a formação de um precipitado branco. A sua utilização era pouco frequente, sendo raras as referências. Apesar de tóxico e de escurecer rapidamente quando em contacto com o ar, no século XVIII este pigmento era bastante acessível como cosmético, pois a moda da época requeria uma pele pálida, sendo comercializada uma preparação de bismuto vendida com os nomes de Branco de Espanha e Branco Pérola, encontrando-se disponível para quem o quisesse utilizar como pigmento (Harley, 1982, 173).

Light White

A prata é referida ocasionalmente em fontes inglesas do século XVII, sugerindo que tenha sido utilizada em iluminuras desde tempos antigos. A sua preparação consistia na fina trituração de folha de prata, a que se adicionava goma e água, sendo guardada numa concha. Uma outra forma de preparação consistia na colocação da folha de prata (finamente batida) num recipiente com água-forte durante 24 horas, ao fim desse tempo

retirava-se a água-forte, lavava-se a prata até desaparecerem quaisquer vestígios e depois deixava-se secar. Este branco utilizava-se em aguarela. Alguma confusão pode ocorrer na interpretação da composição da cor que em inglês se designa por *light white* (branco claro), enquanto que o nome *silver white* (branco de prata) corresponde ao branco de chumbo. Em francês *blanc d'argent* era por vezes utilizado para designar um branco à base de zinco e por vezes o branco de chumbo (Harley, 1982, 173).

Barites [BaSO₄]

Barites e *heavy spar* são dois nomes comuns para o sulfato de bário, havendo descrições da sua utilização no século XVI; as referências mais completas a este mineral apenas ocorrem na segunda metade do século XVIII (Harley, 1982, 174). Fontes inglesas referem a sua utilização como pigmento no final do século XVIII e início de XIX, sendo comercializado com diferentes nomes: branco de Veneza (igual parte de branco de chumbo e barite), branco de Hamburgo (uma parte de branco de chumbo e duas partes de barite) e branco Holandês (uma parte de branco de chumbo e três partes de barite). Tanto a barite nativa como o sulfato de bário, não eram utilizados isoladamente em tintas de óleo, apesar de apresentarem uma boa cor branca, quando misturados com o óleo tornavam-se cinzentos e translúcidos, não regressando à cor original após a secagem. O facto de se tornar translúcido torna-o útil para utilização como extensor das cores a óleo, podendo ser adicionado em elevadas percentagens sem interferir com o outro pigmento, contrariamente ao branco de chumbo cuja adição de uma pequena quantidade torna as cores mais claras, devido à sua opacidade. Os pintores a óleo não mostravam interesse em obter um extensor, sendo o pigmento rejeitado devido ao seu fraco poder de cobertura. Utilizava-se em aguarela, sendo considerado por alguns pintores o melhor branco para esta técnica. As barites eram ainda denominadas de *permanent white* ou *constant white*. Uma das vantagens da sua utilização é a permanência do pigmento quando exposto à luz e ao ar e a sua compatibilidade com todos os outros pigmentos. A maior desvantagem é o facto de permanecer translúcido enquanto húmido, o que dificulta a percepção da cor, o que pode ser um problema em aguarelas de maiores dimensões, devido à dificuldade de controlar a diferença de tons. A maior aplicação deste pigmento foi em iluminuras, onde as diferenças de brilho e tom são menos perceptíveis, contudo, apesar das suas limitações, foi um

pigmento utilizado pelos aguarelistas durante mais de um século. Actualmente as barites são utilizadas como extensores das cores a óleo (Harley, 1982, 174).

Branco de zinco [ZnO]

Antes da sua utilização como pigmento, já o zinco era conhecido como minério (*lapis calaminaris*) e como zinco metálico (*cadmia matallica*), sendo também utilizado numa liga com cobre, formando latão. O processo de obtenção de zinco quando extraído na sua forma mineral, consistia na escavação, lavagem e calcinação num forno reverberatório durante cerca de cinco horas, durante as quais o produto formado era raspado. Quando calcinado de forma correcta tornava-se num pó fino e branco (Harley, 1982, 176). Esse pó foi mais tarde aproveitado para o fabrico de pomadas e outros produtos médicos. Depois de Henckel ter isolado o elemento em 1721, foram conduzidas diversas experiências por vários químicos. A Europa que dependia da China e das Índias Orientais como principal fornecedor de zinco metálico, começou a extrair o metal do minério numa larga escala, sendo a produção de óxido de zinco uma parte experimental do processo. Surgiu então a oportunidade de testar o óxido de zinco como pigmento, já em finais do século XVIII (Harley, 1982, 177). É um pigmento não venenoso, inerte, com bom poder de cobertura, constituindo uma boa alternativa ao nocivo branco de chumbo, apesar de um pouco mais dispendioso, aspecto que poderia ser ignorado devido às inúmeras vantagens que apresentava. Quando misturado com óleo possui um tempo de secagem um pouco lento, problema que foi solucionado adicionando sulfato de zinco como secativo. O poder de cobertura do branco de zinco não é tão elevado como o do branco de chumbo, característica mais visível na pintura a óleo, o que levou alguns pintores a rejeitar este pigmento. Posteriormente, surge uma nova mistura de branco de zinco e branco preparado com prata (*light white*), para utilização como aguarela (Harley, 1982, 178).

Só a partir de 1830, o branco de zinco se afirmou como pigmento indispensável em aguarela. Em 1834, a empresa Winsor & Newton introduz o óxido de zinco como branco da China; as razões para a escolha deste nome são desconhecidas, mas talvez resultem da associação de ideias entre um branco puro e a cor das porcelanas orientais, muito populares no século XVIII (Harley, 1982, 179).

Branco de titânio (dióxido de titânio)

Pigmento que surgiu no início do século XX e rapidamente se impôs como o branco mais utilizado em pintura. Possui elevado poder de cobertura, boa resistência à luz e não interfere com os ligantes ou outros pigmentos, apenas se mostra menos satisfatório quando misturado com amarelo (Piva, 1996, 317). É considerado o branco do século XX, pois apesar do dióxido de titânio ter sido descoberto em 1821, só em 1916, com a tecnologia moderna pôde ser produzido em massa. Fabricado pela primeira vez na Noruega para comercialização industrial, apenas em 1921 uma cor a óleo para pintura foi introduzida por um fabricante americano. Existem inúmeras variantes de titânio industrial, nenhuma delas utilizada de forma pura pelos artistas. Possui um poder de cobertura superior aos outros brancos e um tempo de secagem superior ao branco de chumbo, mas inferior ao branco de zinco. Na pintura a óleo, forma um filme esponjoso, por esta razão é misturado com um ou mais pigmentos brancos, ou com um inerte adequado. Como o dióxido de titânio seca formando um filme esponjoso e o óxido de zinco um filme quebradiço, os dois são combinados melhorando as características individuais. Nas misturas em que predomina o óxido de zinco, a cor chama-se branco de titânio-zinco (*titanium-zinc white*). Marcas mais baratas misturam dióxido de titânio com barites ou outros pigmentos inertes. A utilização desta mistura é uma falsa economia pois não possuem o brilho ou a resistência de uma cor da gama profissional⁴.

2.5. Reintegração cromática⁵

A reintegração cromática é a fase do restauro posterior à operação de limpeza e anterior à nova apresentação ao público. A reintegração – palavra introduzida pelo Instituto Central de Roma – designa o conjunto de operações desde o tratamento estético de *craquelés* até à intervenção sobre lacunas de grandes dimensões. Trata-se de uma fase de procura da legibilidade perdida, onde se tenta eliminar o efeito perturbador da passagem do tempo, que centra a atenção do espectador na degradação da obra e não no seu significado, impedindo que a lacuna chegue primeiro aos olhos do observador. Não se procura apagar

⁴ <http://webexhibits.org/pigments> (2006)

⁵ Reintegração: acção ou efeito de reintegrar uma zona onde ocorreu perda de policromia; técnica de restauro que permite integrar esteticamente uma obra. Independentemente do critério estético seleccionado, o processo encontra-se estritamente limitado às lacunas existentes. Os materiais utilizados deverão ser inócuos, reversíveis e reconhecíveis, relativamente ao material original.

os efeitos da passagem do tempo, mas encontrar uma situação de compromisso entre a verdade estética e histórica⁶.

Cesare Brandi define a Teoria de Gestalt (ou Teoria da Forma), segundo a qual se reconhece às obras de arte uma realidade superior que ultrapassa a adição de cada uma das partes e portanto as concebe como indivisíveis, permanecendo em cada fragmento uma parte dessa potencial unidade. As obras são produções da actividade humana que apresentam uma dupla característica: estética – que as torna como obras de arte por si mesmas – e histórica, uma vez que são marcadas pela passagem do tempo. A definição de restauro de Brandi, num texto de 1963, sempre actual: *O restauro constitui o momento metodológico do reconhecimento da obra de arte na sua consistência física e na sua dupla polaridade estética e histórica visando a sua transmissão ao futuro*⁷.

Relativamente à unidade da obra, esta deve ser restabelecida, através de uma intervenção de restauro que procure o equivalente a um estado anterior, sem cometer falsificações ou modificar traços históricos; a escolha do tipo de retoque ou do grau de reintegração deve ser o resultado de uma análise cuidada da obra e da sua função, adaptando o procedimento a cada caso particular. No entanto são três os princípios fundamentais que regem esta intervenção: a reintegração deverá preservar a unidade da obra, o material utilizado deverá ser discernível do original e a técnica adoptada não deverá impossibilitar futuras intervenções (reversibilidade dos materiais)⁸.

Com o objectivo de tentar abranger as mais variadas situações de reintegração, novas técnicas foram sendo criadas, condicionadas por diversos factores como a extensão e tipo de lacuna, o desejo do cliente, a importância, o valor, a função e o local de exposição da obra, a documentação existente, para além dos princípios éticos e deontológicos que regem a profissão de conservador-restaurador. O profissional poderá optar entre diferentes reintegrações: mimética ou ilusionista e visível ou diferenciada. A reintegração mimética tem por objectivo não ser identificável, distinguindo-se pela utilização de materiais diferentes do original. A reintegração visível ou diferenciada, engloba várias técnicas:

⁶ MANGORRINHO, M. A., *Sebenta de Conservação e Restauro V, Pintura de Cavalete, Ano Lectivo 1998/1999* – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia, Curso de Tecnologia em Conservação e Restauro

⁷ BRANDI, Cesare – *Teoria do Restauro*, Edições Orion, Abril 2006.

⁸ MANGORRINHO, M. A., *Sebenta de Conservação e Restauro V, Pintura de Cavalete, Ano Lectivo 1998/1999* – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia, Curso de Tecnologia em Conservação e Restauro

*tratteggio*⁹, selecção cromática ou *tratteggio* modelado, abstracção cromática ou *tratteggio* tom neutro, tom neutro, sub-tom, pontilhismo, reintegração de *craquelés* prematuros, reintegração por *glacis* e selecção efeito ouro¹⁰.

Actualmente, o critério de reintegração encontra-se bem definido, a conservação dos objectos é prioritária, sem falsificações ou reintegrações que possam levar ao engano, com um respeito absoluto pela obra como documento histórico e valorizando adequadamente o seu aspecto estético (Calvo, 2003, 189).

2.5.1. Pigmentos para reintegração cromática.

Após uma análise teórica do processo de reintegração é necessário aplicar os diferentes conceitos. A reintegração começa com a procura da mistura mais adequada de pigmentos. Se o retoque for semelhante à pintura original, os pigmentos utilizados devem possuir características idênticas às dos Antigos Mestres. Aqui começa a separação entre teoria e prática. A reintegração deve imitar a cor e o envelhecimento do original e adaptar-se a este com a maior perfeição possível. O ideal seriam os pigmentos com uma granulometria e fabrico semelhantes aos antigos, no entanto, na prática esta hipótese não se revela satisfatória. Estes pigmentos podem ser demasiado grosseiros e pouco sólidos, podem necessitar de demasiado aglutinante, possuir pouco poder de cobertura, ou serem pouco estáveis.

Os pigmentos de grão grosseiro só após a aplicação de várias camadas conseguem cobrir a lacuna, isto é, com um pigmento de granulometria idêntica à original, o retoque seria demasiado compacto e facilmente perceptível com o reflexo da luz na superfície (Nicolaus, 1998, 263). Muitos destes pigmentos possuem pouca resistência à luz e necessitam na sua preparação de maiores quantidades de aglutinante. Uma cor com muito aglutinante produz um amarelecimento mais intenso e uma alteração precoce da reintegração.

⁹ *Tratteggio* ou *rigatino*, denominação italiana, de uma técnica de reintegração cromática, por meio da aplicação de pequenos traços de cor, de forma a unificar cromaticamente a superfície quando observada a curta distância, mas distinguindo-se facilmente do original quando observada de perto. Existem diferentes formas de aplicação: com pequenos traços de cores puras justapostas, com pequenas linhas cruzadas ou com linhas espessas paralelas entre si (pintura mural). Em qualquer dos casos o sistema baseia-se na definição da cor por abstracção e selecção cromática. (Calvo, 2003, 186)

¹⁰ MANGORRINHO, M. A., Sebenta de Conservação e Restauro V, Pintura de Cavalete, Ano Lectivo 1998/1999 – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia, Curso de Tecnologia em Conservação e Restauro

Por todas estas razões, a reintegração necessita de pigmentos com bom poder de cobertura, sólidos e com pouca quantidade de aglutinante. Alguns dos pigmentos actuais, fabricados com métodos modernos, cumprem estes requisitos. Ao escolher os pigmentos o restaurador baseia-se na sua própria experiência, bem como na informação fornecida pelo fabricante e na informação obtida através de exames específicos do comportamento material do pigmento.

Para além do índice de refacção, a granulometria e a concentração do pigmento têm grande influência no poder de cobertura. Cada pigmento tem a sua dimensão ideal de partículas, com características mais favoráveis do ponto de vista da técnica pictórica. Quando possuem o valor ideal, o poder de cobertura e o poder corante atingem o seu nível máximo. Os pigmentos das pinturas antigas possuem no geral uma maior granulometria e heterogeneidade, com grãos de diâmetro variável entre 1/50 mm (azurite, azul esmalte) e 1/1000 mm (branco de chumbo, cinábrio). Os pigmentos actuais são mais finos, os diâmetros variam entre os 1/500 mm e 1/2000 mm. (Nicolaus, 1998, 266)

2.5.2 Pigmentos brancos para reintegração cromática.

Até serem descobertas as qualidades do branco de titânio para a reintegração, o branco de chumbo foi o pigmento de retoque mais importante. Misturado com óleo secativo, o branco de chumbo é um dos chamados pigmentos activos. Reage com os ácidos do óleo e forma “sabões”. Os “sabões” de chumbo diminuem o tempo de secagem e estabilizam todo o sistema, neutralizam os produtos ácidos do desdobramento da película oleosa envelhedora e aumentam o poder adesivo do retoque e a consistência da película. Quando se trata de um retoque feito com óleo, estas vantagens, importantes para a policromia, constituem um perigo para a obra. Os retoques antigos, feitos com branco de chumbo, não se conseguem dissolver em nenhum solvente não agressivo para a pintura original, apenas se conseguem eliminar mecanicamente, com o auxílio de bisturi.

A reintegração com branco de chumbo pode branquear, bem como a reintegração com branco de titânio (Nicolaus, 1998, 268).

Actualmente, os pigmentos brancos mais utilizados em reintegração são o branco de titânio e o branco de zinco. Os pigmentos à base de cálcio (gesso e cré) utilizam-se como carga na composição da camada de preparação.

3. Metodologia.

3.1. Preparação do suporte.

Foram utilizadas pranchas rectangulares de madeira de pinho, seca e sem defeitos, de dimensões 20x30x2,0 centímetros. O suporte foi preparado seguindo as técnicas da pintura antiga: aplicação de duas camadas de *encollage* e três camadas de preparação branca¹¹. Para preparação da *encollage* diluiu-se em banho-maria, uma parte de cola de coelho em grão, em doze partes de água, a que se adicionou um dente de alho, para conferir mais poder de colagem e algumas gotas de fenol, agente fungicida que evita o apodrecimento da mistura. Com a cola ainda quente aplicou-se a primeira camada sobre as pranchas; a segunda camada aplicou-se após 24 horas, depois de seca a camada anterior. A *encollage* tem como função impermeabilizar o suporte, tornando-o menos poroso e pronto para receber a camada de preparação branca – camada sobre a qual se irá realizar a pintura.

Na elaboração da preparação branca, aqueceu-se a *encollage* em banho-maria e adicionou-se cré, até saturar. Com a mistura ainda quente e depois de seca a segunda aplicação de *encollage*, aplicou-se a primeira camada de preparação branca, com uma só passagem e utilizando uma trincha larga e de pelo macio. Depois de seca e antes da aplicação da segunda camada, a superfície foi nivelada com lixas de diferentes granulometrias. A segunda e terceira aplicação efectuaram-se da mesma forma.

Este trabalho realizou-se no Laboratório de Materiais do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

3.2. Preparação das amostras

Os pigmentos seleccionados – caulino natural, carbonato de cálcio natural (GCC), talco, dióxido de titânio, caulino calcinado e carbonato de cálcio precipitado (PCC) - foram aglutinado em três ligantes diferentes – medium para restauro¹², verniz de retoque¹³ e

¹¹ Preparação: o termo preparação engloba todas as camadas intermédias entre o suporte e a camada de policromia, podendo existir uma camada intermédia de *impimitura* e/ou de desenho. Tem a função de uniformizar a superfície e facilitar a adesão da pintura ao suporte. Permite conferir um fundo cromático adequado ao efeito pretendido pelo artista e reduz os efeitos do movimento do suporte sobre a camada pictórica. A preparação é composta por uma carga e um aglutinante. Inicialmente o ligante utilizado era a cola animal, sendo por vezes substituída, a partir do século XVII, por óleos secativos e carga de sulfato ou carbonato de cálcio. Nos séculos XVI, XVII e XVIII, nos países meridionais europeus, era muitas vezes colorida com pigmentos terra. No século XIX voltou a generalizar-se a preparação branca. (Calvo, 2003, 179)

¹² Ver ponto 4.2. – Ligantes.

¹³ Ver ponto 4.2. – Ligantes.

Paraloid B72®¹⁴ a 3% em xileno¹⁵. Pesaram-se cerca de 10 gramas de pigmento ao qual se adicionou a quantidade de ligante necessária para atingir o ponto de saturação, obtendo uma mistura com alguma pastosidade, mas com a fluidez necessária para uma correcta aplicação a pincel, capaz de cobrir uniformemente as pranchas. Após a primeira aplicação, utilizando apenas o pigmento puro e de acordo com os resultados obtidos, foi feita a primeira triagem; os pigmentos seleccionados foram então misturados entre si de forma a complementar as suas propriedades, adaptando-os à sua função de pigmentos para reintegração de pintura de cavalete.

Este trabalho realizou-se no Laboratório de Materiais do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, recorrendo ao auxílio de uma balança de precisão *Denver Instruments Company AA 250*, com nove dígitos.

3.3. Observação à lupa binocular – análise estratigráfica e de superfície.

As amostras recolhidas para análise estratigráfica, com dimensão aproximada de 1mm, foram colocadas sobre um cubo de resina sólida já preparada e envolvidas em resina fluida. Utilizou-se resina epóxida BYLAPOX 3085 A e B (2:1), que polimeriza ao fim de 24 horas à temperatura ambiente. Os cubos de resina transparente contendo a amostra, foram posteriormente polidos, segundo um plano perpendicular à camada de pintura. Utilizou-se uma polidora Planapol-V, marca Struers, com uma rotação de 100ppm e lixas de diferentes granulometrias. Para observação do corte estratigráfico utilizou-se uma lupa binocular Zeiss Stemi 2000-C, com sistema de iluminação artificial externo Zeiss KL 1500 LCD, aquisição de imagem com câmara digital AxioCam MRcS e software de aquisição e tratamento Axio Vs 40 V4.4 da Carl Zeiss Vision GmbH. A análise da superfície das amostras realizou-se com o mesmo equipamento, variando apenas a posição do ponto de luz, colocado tangencialmente à superfície num ângulo de 30°.

O englobamento das amostras realizou-se no Laboratório de Métodos de Exame e Análise do Departamento de Conservação e Restauro, do Instituto Politécnico de Tomar, o polimento, registo e análise, realizaram-se no Laboratório de Preparação de Amostras e no Laboratório de Microscopia, do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, em Coimbra.

¹⁴ Ver ponto 4.2. – Ligantes.

¹⁵ Ver ponto 4.2. – Ligantes.

3.4. Testes de envelhecimento.

As pranchas preparadas e pintadas com os diferentes pigmentos foram recortadas em quadrados com cerca de 6,5cm de lado. Utilizaram-se 8 quadrados de cada prancha, dois para referência e os restantes para medição gradual dos níveis de alteração. Sujeitaram-se as amostras a dois tipos de radiação: halogéneo e ultra-violeta.

O período de exposição dividiu-se em três fases: na primeira, as amostras foram colocadas sob focos de luz de halogéneo e efectuaram-se medições de alteração do grau de brancura – Método Hunter-L.a.b. - aos 15 e aos 30 dias (360 e 720 horas). Na segunda fase, simultânea à primeira, as amostras foram sujeitas a radiação ultravioleta. Tal como anteriormente efectuaram-se duas medições aos 15 e 30 dias. Na terceira fase, as amostras sujeitas à radiação de halógeno foram também sujeitas a radiação ultravioleta, somando um total de 2880 horas de exposição, intercaladas por medições quinzenais. As amostras padrão não foram sujeitas a qualquer tipo de radiação.

As amostras foram colocadas paralelamente às fontes de luz, a uma distância de 1 metro. Na primeira fase, com radiação de halogéneo, utilizaram-se quatro focos com lâmpadas de 1000W, 220-230 V, MALOSTAR CL6, OSRAM GERMANY 64740 D. Na segunda e terceira fase, com radiação ultravioleta, utilizaram-se 16 lâmpadas de 300W, 230V AC, T358, RADIUM SANOLUX HRC 300-280. Os valores de temperatura e humidade relativa, registados diariamente no termohigrógrafo, variaram entre os 35 e 40°C e os 70 e 80%, respectivamente.

Os ensaios realizaram-se no Laboratório de Vidro, do Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro, em Coimbra.

3.5. Análise da variação do grau de brancura – Método Hunter-Lab.

Concluídos os testes de envelhecimento, procedeu-se à avaliação da alteração do grau de brancura das diferentes amostras, utilizando o Método Hunter-Lab (método dos três filtros), que permite expressar numericamente o valor e a direcção da diferença de cor. Neste método a amostra é iluminada por uma fonte de luz -lâmpada de halogéneo tungsténio- designada por luz A (luz do fim do dia) ou luz C (luz do meio dia); estas luzes possuem composição espectral diferente (diferentes comprimentos de onda). A luz reflectida passa através de três filtros cuja sensibilidade corresponde às características espectrais X, Y, Z, ou seja, os três centros de sensibilidade do olho humano para azul,

verde e vermelho. A luz é concentrada em três fotocélulas A geometria da medição é de 45/0°, a amostra é iluminada a 45° e a medição é feita a 0° (perpendicularmente à superfície). Utilizou-se um colorímetro 511 Erichsen e um padrão de esmalte com os valores de calibração Y, X, Z de 80,3/87,6/29,0 para a luz A e 80,8/78,7/96,0 para a luz C. Foi necessário ter em atenção o tempo de aquecimento suficiente para a estabilização do aparelho (aproximadamente uma hora).

Realizaram-se três medições intercaladas de cada amostra, de forma a obter um valor médio. De modo a adaptar os resultados para a visão cromática do olho humano, os valores Y, X, Z, são convertidos em L, a, b. O cálculo é realizado utilizando as seguintes fórmulas:

$$L=10\sqrt{Y}$$

$$a=(17,85X - 17,5Y)/\sqrt{Y}$$

$$b=(7Y - 5,929Z)/\sqrt{Y}$$

L corresponde à luminosidade variando de zero para preto, a cem para branco. Os valores *a* e *b* expressam as cores vermelho/verde e amarelo/azul, respectivamente. A diferença de cor entre as amostras e o padrão de referência (ΔE), é calculada a partir dos valores de *L*, *a* e *b*, utilizando as seguintes fórmulas:

$$\Delta L=L \text{ amostra} - L \text{ padrão}$$

$$\Delta a=a \text{ amostra} - a \text{ padrão}$$

$$\Delta b=b \text{ amostra} - b \text{ padrão}$$

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

ΔE tem valor positivo e descreve a grandeza da cor, a unidade utilizada designa-se por *NIST* (*National Institute of Standards and Technology*) ou mais correntemente por *judds*. A direcção da cor depende dos sinais de ΔL , Δa e Δb . Δa e Δb são os factores de cromaticidade, ΔL de brancura. A percentagem de brancura calcula-se pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ brancura}=\frac{(L-a-b \text{ amostra})}{(L-a-b \text{ padrão})} \times 100$$

(Norma C 609 – 90)

Estes testes realizaram-se no Laboratório de Análise Experimental, do Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro, em Coimbra.

3.6. Microscopia electrónica de varrimento. (SEM)

A observação por microscopia electrónica de varrimento (SEM), recorreu ao microscópio modelo Hitachi-SU-70, equipado com micro análise por raios X (EDS-WDS). As amostras, revestidas a carbono, foram observadas e analisadas por electrões secundários, a 25 keV e por períodos de tempo útil não inferiores a 60 segundos. A utilização da microscopia electrónica de varrimento permite a caracterização de partículas quanto à sua forma, agregação e dimensão.

Este exame foi realizado no Departamento de Cerâmica e do Vidro, da Universidade de Aveiro.

3.7. Difraccção de raios-X. (XRD)

Após a selecção dos pigmentos com maior potencialidade de utilização, procedeu-se à análise da sua estrutura cristalina, através de difracção de raios-X. Esta técnica permite obter um conjunto de informações quanto à qualificação, caracterização e quantificação dos minerais cristalinos. As amostras, em pó (cerca de 20mg), colocam-se num porta amostras normalizado de alumínio, sem conferir demasiada compressão, evitando a orientação dos cristais. Os difractogramas obtidos são interpretados qualitativamente com o apoio do ficheiro ASTM e fichas de identificação. Utilizou-se um difractómetro Philips PW 1710, composto por um gerador PW 1130/90, goniómetro PW 1050/70 e registador PM 8203A, com uma tensão de 50kV e intensidade de 30mA. Radiação $K\alpha Cu$ ($\lambda=1,5405$), monocromatizada por filtro de Ni e cristal monocromatizador curvo de grafite. O varrimento angular é de 2° - 40° (2θ), velocidade do goniómetro de $1^\circ/\text{min}$ e velocidade do papel $1\text{cm}/\text{min}$.

A difracção realizou-se no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

4. Caracterização dos pigmentos seleccionados.

4.1. Introdução

Uma mistura de pigmento e ligante (tinta) tem que possuir, à partida, diversas características: bom poder de cobertura, fácil aplicação, estabilidade e versatilidade, bem como custo acessível e facilidade de aquisição. Para além de aspectos de ordem prática, há que ter em conta que os pigmentos são definidos pelas suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e tecnológicas. A dimensão, a forma e a distribuição das partículas, a sua superfície específica, o índice de refração, o índice de absorção de óleo, a cor, a porosidade, o índice de empacotamento e o pH, são estudados. A análise destas características prevê e justifica o comportamento dos diferentes pigmentos quando aplicados, ao mesmo tempo que permite melhorar uma tinta por adição de outros pigmentos, com diferentes propriedades, alterando o seu comportamento.

Tendo como ponto de partida, o grau de brancura e o poder de cobertura do dióxido de titânio, pretende-se conseguir uma alternativa viável à sua utilização, colocando a possibilidade de ser utilizado como extensor de outros pigmentos.

Actualmente existem diferentes pigmentos de cor branca, utilizados nas mais diversas indústrias: papel, plásticos, tintas,... A complexidade alcançada por muitos deles, conseguida através de elaborados processos de preparação e aperfeiçoamento, especificando a funcionalidade de cada um e adaptando-os às necessidades de fabrico dos materiais a produzir, permitiu a obtenção de pigmentos que não se encontravam disponíveis há poucos anos. Novamente, tal como no início da era industrial, um mercado mais reduzido e de modestas dimensões, como o da conservação e restauro, procura apoio nas grandes indústrias, tentando utilizar os progressos conseguidos, adaptando-os à sua área. Nesta procura de um branco “ideal”, estes seriam os requisitos que um pigmento teria de cumprir:

- 100% de reflexão para todos os comprimentos de onda, para que possua o máximo de brilho e brancura;
- elevado índice de refração: máximo poder opacificante e brilho;
- completamente livre de grãos grosseiros e distribuição das partículas próxima dos 0,3 μm , i.e., metade do comprimento de onda da luz;
- reduzida gravidade específica, macio e não abrasivo;
- capaz de suportar qualquer tipo de acabamento;

- quimicamente inerte e insolúvel;
- facilmente miscível; (Velho, 2003, 6)
- versátil no tipo de acabamento e na gama de ligantes a utilizar;
- preço acessível;
- fácil acesso.

Estas seriam as características de um pigmento ideal adaptável a qualquer suporte e capaz de produzir diferentes acabamentos, desde superfícies perfeitamente lisas até policromias mais ou menos texturadas, para além de permitir a mistura com os ligantes mais utilizados em restauro de pintura de cavalete.

Os pigmentos utilizados para esta pesquisa situam-se no grupo dos minerais comuns (caulino, carbonato de cálcio natural e talco) e minerais especiais (dióxido de titânio, caulino calcinado e carbonato de cálcio precipitado). A primeira fase consistiu na mistura dos pigmentos com três ligantes distintos, tendo apenas em consideração a sua trabalhabilidade e o resultado final conseguido. Todos os pigmentos foram aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72® a 3% em xileno, os ligantes mais utilizados em reintegração cromática.

4.2. Caracterização dos ligantes seleccionados.

Seleccionou-se uma gama limitada de ligantes, com larga utilização no processo de reintegração cromática. Como o objectivo da selecção do pigmento mais adequado seria a sua versatilidade de aplicação procurou-se também uma versatilidade na utilização de ligantes distintos. Foram testadas misturas pigmento/ligante com produtos já preparados: *Medium pour la restauration (Charbonnel)* e *Vernis à retoucher J.G. Vibert (1253)*, ambos da *Lefranc & Bourgeois*. A escolha de produtos da marca *Lefranc & Bourgeois* deve-se à reconhecida estabilidade e facilidade de aquisição dos seus produtos, utilizados desde há muito em conservação e restauro. Testou-se também uma mistura com Paraloid B72® diluído a 3% em xileno¹⁶.

Os *mediums* têm como função permitir a diluição da tinta, ao mesmo tempo que tornam possível a sobreposição de camadas sem arrastar a camada anterior. Permitem uma maior facilidade de secagem e uma maior adaptabilidade da policromia, retardando o

¹⁶ Xileno: ou xilol ou dimetilbenzeno [C₆H₄(CH₃)₂]. Hidrocarboneto aromático. Líquido claro, solúvel em água e em éter, insolúvel em água. Solvente de resinas alquídicas, lacas e esmaltes industriais.

aparecimento de *craquelés*. Os diferentes *mediums* existentes no mercado, permitem adaptar os tempos de secagem ao objectivo pretendido, regulando também o brilho e a transparência. O *medium* utilizado, *Medium pour la restauration (Charbonnel)*, é composto por uma resina cetónica¹⁷, óleo cozido e essência de terebintina¹⁸, possuindo um tempo de secagem de cerca de uma hora. O verniz de retoque utilizado, *Vernis à retoucher J.G. Vibert (1253)*, possui na sua composição resina cetónica, resina acrílica e essência de terebintina, com um estrato seco de resina de 25%. O verniz de retoque permite atenuar as zonas mate de uma pintura, permitindo uma aplicação pontual. Trata-se de um verniz intermédio, que permite a ligação entre a camada mais antiga e a nova camada de verniz.

A utilização de resina cetónica, confere um bom poder de secagem à mistura ligante/pigmento, originando policromias com brilho, mesmo na presença de uma elevada concentração de pigmento. Aumenta a resistência e o grau de adesão da tinta; trata-se de um composto inerte e neutro, não saponificável. A primeira referência remonta a 1930, tendo sido utilizada pela primeira vez em conservação em 1940, como camada de protecção. Apesar das resinas cetónicas não serem utilizadas isoladamente, surgem em vernizes para pintura, adicionadas a outros compostos. (Epley, 1998, 41)

A utilização do Paraloid B72® no campo da conservação, remonta à década de 50 do século XX, quando foi utilizado como camada de protecção de objectos de metal, transportados de Viena para uma exposição nos Estados Unidos da América. (Buckley e Houpp, 1998, 138) A resina é composta por uma mistura de etil metacrilato e metil acrilato, cujas proporções foram sendo alteradas ao longo do tempo, sendo a mistura actual composta por uma proporção de 50:50 de acrilatos. Trata-se de uma das resinas termoplásticas mais estáveis, com capacidade de solubilização em compostos aromáticos. (Epley, 1998, 40) É produzida pela *Rohm and Haas*, estando disponível em Portugal em empresas especializadas na comercialização de materiais para conservação e restauro. Trata-se de um produto internamente “plastificado”, sem a adição dos plastificantes

¹⁷ Resinas cetónicas: polímeros sintéticos, também denominados de policiclohexanonas. Obtêm-se por policondensação da ciclohexanona, da metilciclohexanona ou de ambas, com formaldeído. Dissolvem-se em compostos aromáticos. São muito transparentes, quase incolores, aplicam-se como vernizes, devido à semelhança da sua estrutura com as resinas terpénicas. A película formada é frágil, impermeável e não promove a adesão de pó. As camadas superficiais oxidam facilmente ao ar, amarelecendo e tornando-se mais solúveis em solventes mais polares. (Calvo, 2003, 191)

¹⁸ Terebintinas: bálsamos de coníferas. Secreções vegetais mais ou menos fluidas, diluídas numa solução natural de resina num líquido volátil. Produto óleo-resinoso obtido de diferentes árvores. São exemplo a terebintina de Veneza e o bálsamo do Canadá. (Calvo, 2003, 225)

utilizados para monómeros polimerizados que podem ser separados da resina. É durável, não amarelece e é compatível com outros materiais filmogéneos como os vinílicos derivados de celulose. Forma filmes claros, bastante flexíveis, que não estão sujeitos à fragilidade sob baixa humidade. Pode ser aplicado pigmentado ou não, por uma variedade de métodos, possuindo uma reactividade muito baixa com pigmentos sensíveis. Seca ao ar ou por aquecimento. A resina tem a vantagem de parecer fosca quando usada em pouca quantidade e baixas percentagens. Não está sujeita ao ataque de microorganismos. O Paraloid B72® pode parecer brilhante ou amarelo a altas percentagens. Apresenta grande tolerância ao etanol, propriedade que permite o uso em aplicações onde solventes “fortes” não podem ser tolerados. As dispersões em álcool podem ser leitosas ou turvas, formando mesmo assim filmes claros. O pH da resina em solvente é neutro.

4.3. Caracterização dos pigmentos seleccionados.

4.3.1. Minerais comuns.

4.3.1.1. Caulino

O caulino, é uma argila que coze branco ou quase branco e que é muito refractária. Quando beneficiado é constituído essencialmente por caulinite (com média, a boa ordem de estrutura), podendo haver halosite associada. O caulino é essencialmente utilizado nas indústrias da cerâmica, papel, refractários, borracha e tinta. O termo caulino deriva da expressão chinesa *Kao ling* que significa “alta crista”, nome de uma colina da China central perto da qual se explorava este material, vários séculos atrás para o fabrico de porcelana. O termo *china clay*, que data do século XVIII, é usado muitas vezes como sinónimo de caulino e resulta do uso de argila na província de Kiangsi, na China, para o fabrico de porcelana de mesa e objectos de arte, argila que mais tarde se verificou ser constituída essencialmente por caulinite. Actualmente, o termo *china clay* está quase exclusivamente confinado ao Reino Unido, dizendo particularmente respeito às argilas residuais da Cornualha e Devon, na Inglaterra. Argilas semelhantes, residuais ou sedimentares, que ocorrem noutros lugares do mundo, são denominadas simplesmente por caulino. Como referido anteriormente, o caulino é um material composto essencialmente por caulinite, no entanto, esta pode ser substituída ou estar associada a qualquer dos outros politipos do sub-grupo da caulinite. A rocha caulinizada, isto é, o caulino bruto, pode ter teores em caulinite ou outros politipos inferiores a 20%, pelo que tendo em vista as

aplicações industriais, se torna necessário enriquecê-lo para valores que se podem situar entre 80-95% (Gomes, 1988, 336). No que diz respeito à sua génese, os depósitos de caulino podem classificar-se em dois grupos principais: primários ou residuais e secundários ou sedimentares. O primeiro grupo inclui todos os caulinos formados por alteração de rochas essencialmente graníticas, devido a actividade de meteorização e/ou hidrotermal e os produtos de alteração permanecem no local de formação, possuindo uma matriz inalterada. Os caulinos secundários são aqueles que foram transportados pela água e os seus depósitos situam-se mais ou menos distantes da matriz. A localização dos depósitos de caulino é de grande importância, pois a sua génese condiciona o processo utilizado para refinar e melhorar a produção (Velho, 2003, 11).

O caulino possui diversas propriedades intrínsecas que o tornam muito útil em várias indústrias (papel, plásticos, tintas); a forma das suas partículas é achatada e de cor branca. É quimicamente inerte (não reactivo e insolúvel em água), estável em qualquer pH ambiente, relativamente fácil de processar em finas partículas (boa opacidade e macio), fácil dispersão, seguro (não tóxico) e de baixo custo (Velho, 2003, 10). As partículas de caulinite quando analisadas por SEM (microscopia electrónica de varrimento), mostram cristais de contornos hexagonais, mas a forma das partículas maiores ou menores, pode desviar-se mais ou menos da forma hexagonal ideal. Este facto não se relaciona directamente com a cristalinidade da caulinite, mas depende essencialmente da geologia do depósito. Os cristais de caulinite secundária tendem a ser menos achatados que os da caulinite residual. (Velho, 2003, 11) Além da caulinite, no caulino bruto podem participar também quartzo, feldspato, mica e muitos outros minerais menores ou acessórios, tais como gibsita, montmorilonite, clorite, turmalina, fluorite, topázio, goethite, hematite, limonite e pirite. A mineralogia e a composição química do caulino está estreitamente relacionada com a granulometria. Os caulinos sedimentares possuem, em regra, teores mais elevados em TiO_2 (muitas vezes $> 1\%$, sob a forma de anatase e rútilo) e Fe_2O_3 (sob a forma de hematite, goethite e limonite) que os caulinos residuais. (Gomes, 1988, 429)

Utilizou-se caulino de Alvarães, de origem sedimentar, proveniente de um dos jazigos portugueses com maiores reservas. A caulinite deste caulino em relação à do caulino residual, apresenta cristais de diâmetro médio mais pequeno, morfologia menos regular e cristalinidade muito mais fraca (Gomes, 1988, 431).

4.3.1.2. Carbonato de cálcio natural (GCC – *Ground Calcium Carbonate*)

Existem dois tipos de carbonato de cálcio, o natural (GCC) e o precipitado (PCC). No primeiro grupo englobam-se diferentes variedades, nomeadamente o cré, que apresenta um grau de brancura não muito elevado (geralmente inferior a 87), devido à presença de impurezas orgânicas e inorgânicas. A pureza é geralmente elevada podendo obter-se valores de carbonato de cálcio da ordem dos 99%, enquanto o resíduo insolúvel é constituído principalmente por argila e sílica microcristalina e/ou criptocristalina. Num outro extremo em termos de qualidade, está o mármore, apresentando o mais puro um grau de brancura superior a 94. Entre estas duas variedades situa-se o calcário litográfico e sublitográfico e o calcário oolítico. Na indústria das tintas o GCC é utilizado como carga, para melhorar o grau de brancura e a receptividade da tinta. Possui um grau de refração baixo, o que reduz o seu poder opacificante. (Velho, 1993, 18)

Comparativamente ao caulino, as vantagens técnico-económicas são várias: produção e disponibilidade de uma gama alargada de granulometrias (35% a 99% <2µm), com um grau de brancura que pode atingir 96, disponibilidade praticamente ilimitada, baixo preço e boa distribuição geográfica. (Velho, 1993, 19) No mercado existem diferentes tipos de GCC, um mais grosseiro (mais barato) e outro mais fino (com maior grau de brancura).

Utilizou-se um carbonato de cálcio natural, fornecido pela HALIA, calcítico, com partículas romboédricas, de diâmetro médio $d_{50} < 3\mu\text{m}$.

2.3.1.3 Talco

O talco é um mineral natural, com fórmula química $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ e peso molecular de 379,26. A sua estrutura base é composta por uma camada octaédrica de magnésio, entre duas folhas de sílica tetraédrica. A superfície principal, não contém grupos hidróxidos ou iões activos, conferindo ao talco propriedades hidrófobas e inertes. A dimensão de uma unidade estrutural varia de 1 a 100 micras, dependendo das condições de formação do depósito. É este factor que determina a sua lamelaridade. Um talco muito lamelar, possui unidades de maiores dimensões, enquanto que um talco microcristalino, possui pequenas lamelas. As folhas assentam umas sobre as outras, devido à força de interacção de *Van der Waal's*, ligando uma estrutura base a outra e conferindo ao talco, a sua suavidade característica. O talco não possui odor, é insolúvel em água, ácidos fracos e bases. Apesar de existir alguma afinidade para certos solventes orgânicos, é muito pouco reactivo. Não é

explosivo, nem inflamável. Acima dos 900°C, perde progressivamente os grupos hidróxilos e acima dos 1050°C, recristaliza em diferentes formas de enstatite – silicato de magnésio anidro. O ponto de fusão é a 1500°C. O mineral mais comum presente no talco é a clorite, a dolomite e a magnesite também estão muitas vezes presentes. O talco difere de acordo com o seu grau de lamelaridade e composição mineralógica. Pode ter cor branca, cinzenta, verde, azul, rosa ou preta¹⁹.

As principais características do talco são a sua lamelaridade (palhetas que facilmente encaixam umas nas outras), maciez (não abrasivo), quimicamente inerte, afinidade com solventes orgânicos e brancura. É utilizado em muitos processos industriais como desmoldante, nas indústrias de produção de alimentos para animais, farmacêutica, cosmética, cerâmica e papel. Na indústria de tintas é aplicado como espessante (influenciando a viscosidade), aumenta o poder de cobertura e de fluidez, impede a deposição, melhora a adesão e as propriedades das películas e diminui a quantidade de solventes orgânicos necessários.

Utilizou-se um talco de partículas hexagonais (< 10 µm), fornecido pela STEATROL.

4.3.2. Minerais especiais.

4.3.2.1 Dióxido de titânio.

O dióxido de titânio é um pigmento sintético, de origem mineral, utilizado em diferentes indústrias: tintas, papel, plásticos, etc. Possui um elevado índice de refração (2,72 para o rútilo e 2,55 para a anatase), um elevado poder de cobertura e um elevado grau de brancura. Possui uma vasta gama de dimensão de partículas, dependendo da forma de produção e da origem do mineral; entre 17 a 25% do total da produção possui partículas de dimensão superior a 0,6µm. Apesar das características do dióxido de titânio, a sua produção encontra-se limitada devido ao seu elevado custo. O titânio ocorre na natureza em vários minerais: ilmenite (FeTiO₃), rútilo (TiO₂), anatase (TiO₂) e leucóxena (TiO₂.xFeO.yH₂O). Apenas os dois primeiros são importantes na produção do pigmento. (Velho, 2003, 50) A ilmenite representa 85% das reservas mundiais. Cerca de 95% da produção mundial de titânio é consumida na produção de TiO₂. (Velho, 1993, 25)

Existem actualmente, dois métodos de fabrico do dióxido de titânio, o método dos sulfatos e o método dos cloretos. No primeiro método, a matéria-prima, geralmente a ilmenite, é

¹⁹ <http://www.ima-eu.org/en/talcwhat.html> (2006)

dissolvida em ácido sulfúrico de modo a formar sulfato ferroso e sulfato de titânio, o titânio é precipitado por hidrólise, filtrado, lavado e calcinado para produzir TiO_2 . Trata-se de um processo muito poluidor. O método dos cloretos, necessita de alimentação de material muito rico em titânio, geralmente rútilo, o qual é clorado a $850-950^{\circ}C$, na presença de coque para produzir tetracloreto de titânio ($TiCl_4$), que depois é oxidado a temperaturas elevadas para produzir TiO_2 ; este TiO_2 é ainda calcinado de modo a remover o cloro e o ácido clorídrico. Este método é menos poluidor, apresentando a desvantagem de necessitar exclusivamente de rútilo. Para solucionar este problema tem-se produzido “ilmenite beneficiada” ou “rútilo sintético”, de modo a obter uma percentagem de titânio superior a 90%. (Velho, 1993, 26)

No quadro seguinte apresentam-se algumas das propriedades do dióxido de titânio. (Velho, 2003, 52)

| Propriedades | Rútilo | Anatase |
|--|---------------|-------------------------|
| Índice de refração | | |
| - ar | 2.72 | 2.55 |
| - água | 2.1 | 1.9 |
| - óleo | 1.85 | 1.7 |
| Gravidade específica (g/cm ³) | 4.2 | 3.9 |
| Dureza (Escala de Mohs) | 6-7 | 5.5-6 |
| Temperatura específica (Kj/ ^o C.Kg) | 0.7 | 0.7 |
| Constante dieléctrica (pó) | 114 | 48 |
| Ponto de fusão | 1.855 | Transformação em rútilo |

Quadro 1: Propriedades do dióxido de titânio.

Utilizou-se dióxido de titânio adquirido na empresa Potássio Quatro, com a referência KP46200, série 1, PW6.

4.3.2.2. Caulino calcinado.

A calcinação é um processo através do qual o caulino é sujeito a tratamento térmico a uma temperatura de $1050^{\circ}C$; o objectivo é o de aumentar o brilho e a opacidade, modificando a estrutura interna das partículas. O caulino é desidroxilado – eliminação da água de cristalização acompanhada por perda sucessiva de cristalinidade - e as suas partículas

sinterizadas em aglomerados densos e duros; trata-se de um processo muito importante para as indústrias do papel, plástico e tintas. (Velho, 2003, 14). Apesar do elevado preço em relação a outros caulinos, as suas qualidades opacificantes e de cor, justificam a sua transformação.

O processo de calcinação envolve modificações na estrutura e composição química dos cristais de caulinite, seguindo quatro mecanismos básicos: no primeiro, a temperatura não ultrapassa os 750°C, sendo o valor atingido lentamente. O produto obtido é a metacaulinite. No segundo, a temperatura máxima atingida situa-se entre 950-1000°C, valor atingido lentamente. O produto obtido é a espinela Si-Al com defeitos estruturais. No terceiro, a temperatura máxima é igualmente 950-1000°C, mas a taxa de crescimento de temperatura é mais elevada. Neste processo obtém-se a espinela no exterior das partículas antes que a desidroxilação do interior das partículas tenha terminado no que resulta em partículas expandidas de forma irregular. No quarto processo, a temperatura máxima é muito mais elevada, 1250-1350°C, sendo o produto final um material refractário constituído por mulite e cristobalite. (Velho, 1993, 251) As características do caulino calcinado dependem de vários factores incluindo a natureza e a composição dos caulinos originais, da temperatura máxima atingida na calcinação, do tempo de duração desta e das taxas de incremento da temperatura. A densidade da caulinite original sofre modificações durante o processo de aquecimento, inicialmente decresce, atinge um mínimo e depois sobe, podendo ultrapassar o valor da amostra inicial. (Velho, 1993, 252) Pode-se afirmar em termos práticos que o caulino calcinado é constituído por um mínimo de 95% de sílica e alumina combinadas. É muito resistente aos agentes químicos e é fabricado para proporcionar um pH entre 5-7 quando disperso em água. A sua densidade e dureza é superior ao caulino original. A distribuição dimensional do grão depende do processo de calcinação, o grau de brancura é elevado sendo bastante superior ao caulino comum. (Velho, 1993, 253)

Utilizou-se caulino calcinado *Alphatex*, fornecido pela IMERYS, com partículas lamelares.

4.3.2.3. Carbonato de cálcio precipitado (PCC – *Precipitated Calcium Carbonate*)

Uma outra variedade de carbonato de cálcio é o precipitado (PCC). É um produto químico obtido a partir do calcário; o processo consiste na calcinação do calcário, seguido de hidratação de modo a formar um leite de cal, o qual é sujeito a recarbonatação e precipitação, podendo formar-se os tipos aragonítico e calcítico, obtendo-se partículas de

diferentes formas: escalenoedras, aciculares, romboédricas, etc. As partículas possuem uma superfície específica entre 9 e 11 m²/g e um diâmetro médio entre 0,2 e 0,3µm. (Velho, 1993, 20)

Utilizou-se um carbonato de cálcio precipitado fornecido pela ALBAGLOSS®, calcítico, com partículas romboédricas e diâmetro médio de d₅₀ < 0,6µm.

4.3.3. Pigmento comercial.

Como pigmento de comparação utilizou-se uma tinta existente no mercado, criada especificamente para a reintegração cromática de obras de arte. Possui como grande vantagem o facto de se encontrar pronta a utilizar, estando acondicionada em tubo de 20ml. A cor é o branco de titânio, número 18, com a designação *Maimeri. Colore a vernici per restauro. Titanium dioxide PW6 e Zinc oxide PW4. Made in Italy*. Devido ao carácter pastoso da tinta, esta foi ligeiramente diluída em *White Spirit*²⁰. Esta tinta é composta por pigmento, resina mastic²¹ e terebintina. O ligante é preparado derretendo a resina em terebintina, a adição da mistura é a mínima indispensável para assegurar uma boa coesão deste com a camada de preparação. Ao secar a cor adquire um tom ligeiramente mate, não ocorrendo variação após a secagem, pois não possuem óleo na sua composição. Pode ser removido facilmente após a secagem. A adição de óxido de zinco, deve-se não só ao seu grau de brancura, como ao seu carácter inerte em condições ácidas e neutro alcalinas, possuindo partículas muito finas, variando entre 0,25 e 0,50µm, elevada opacidade e índice de refração (Velho, 1993, 39), para além de actuar como um extensor do dióxido de titânio, diminuindo a quantidade necessária deste último, um pigmento cuja obtenção possui custos elevados.

²⁰ *White Spirit*: fracção da destilação do petróleo, entre a gasolina e o querosene, designado como nafta ou éter de petróleo, com um ponto de ebulição entre 150 e 200°C. A percentagem de aromáticos pode variar entre 15% e 45% ou mais, sendo estes últimos os que possuem maior poder dissolvente. Utiliza-se em conservação e restauro, como solvente, com cerca de 18% de aromáticos. Miscível em acetona, álcool, benzeno, éter, clorofórmio e alguns óleos. Não é miscível em água. (Calvo, 2003, 235)

²¹ Mastic ou almáciga: resina natural, branda, composta por triterpenos, extraída de árvores angiospérmicas de *Pistacia lentiscus*. Translúcida, de cor amarela e ligeiramente aromática. A exudação produz-se naturalmente (“lágrimas” de mastic) ou por incisão no tronco. Contém uma elevada proporção de hidrocarbonetos e uma pequena quantidade de cetoácidos. É a mais flexível das resinas. Actualmente utiliza-se em grãos de cor amarelo pálido. A resina pode ser fundida entre 100 e 120°C. É solúvel em hidrocarbonetos aromáticos, essência de terebintina, *White Spirit* e álcool. Utilizada na formulação de aglutinantes (misturado com óleo ou cera), em ligantes para pintura e no fabrico de vernizes, colocado dentro de uma bolsa de gaze em *White Spirit*. Origina um verniz elástico, muito durável, amarelecendo e estalando com o tempo. (Calvo, 2003, 22)

4.4. Comportamento dos pigmentos seleccionados.

Os minerais seleccionados dividem-se em dois grandes grupos: minerais comuns e minerais especiais. Poderá ser tido em consideração um terceiro grupo que corresponde ao pigmento comercial. Este terceiro pigmento, situa-se numa categoria diferente pois não necessita de preparação, tendo sido apenas adicionada uma pequena quantidade de *White Spirit*, de forma a diminuir a sua viscosidade, conferindo-lhe maior fluidez, mas mantendo o poder de cobertura. Tratando-se de uma tinta criada especialmente para restauro, possui uma grande facilidade de aplicação e uma grande versatilidade, que permite criar efeitos de empaste ou transparência, dependendo do seu grau de diluição. Possui ainda um elevado poder de cobertura e uma boa miscibilidade com outras cores da mesma gama. É composto por dióxido de titânio e zinco, este último utilizado como extensor, aglutinados em resina mastic. Devido à excelente trabalhabilidade da tinta, esta será tida como referência, servindo como ponto de partida na procura de uma outra tinta capaz de possuir uma capacidade de trabalho idêntica ou superior, com um preço mais acessível e uma maior versatilidade, tanto ao nível da aplicação como da variedade de ligantes a utilizar.

A primeira selecção de pigmentos, teve como base a experimentação de pigmentos tradicionais e de pigmentos sem aplicação na indústria das tintas, criados e trabalhados especificamente para a indústria do papel e do plástico. A sua escolha deve-se ao seu carácter altamente especializado nas indústrias onde é utilizado. A potencialidade de aplicação de caulinos calcinados ou carbonato de cálcio precipitado, permitiria a utilização de pigmentos com uma grande estabilidade, resistência e elevado grau de brancura, possuindo partículas de dimensão extremamente reduzida.

Nesta fase do trabalho o principal objectivo consistia no estudo do comportamento individual dos pigmentos, passando numa segunda fase para o estudo da possibilidade de mistura entre eles, com a finalidade de melhorar características individuais.

Todos os pigmentos foram aglutinados em *medium* para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72® a 3% em xileno. O primeiro pigmento testado foi o caulino natural (caulino de Alvarães), que apresentou um comportamento negativo quando misturado com os dois primeiros ligantes, ocorrendo a formação de aglomerados (Figura 1). O comportamento quando misturado com a resina acrílica (Paraloid B72® a 3% em xileno), foi ainda mais negativo, registando uma maior formação de aglomerados. Este pigmento não revelou qualquer capacidade de miscibilidade com os ligantes seleccionados, tendo sido excluído

como pigmento com capacidade de aplicação em reintegração cromática. A utilização de talco também revelou resultados negativos, pois para além da formação de aglomerados – menor do que no caso do caulino natural – a mistura adquiria uma cor acinzentada, excluindo-o também como pigmento, por não possuir parâmetros mínimos aceitáveis quanto ao grau de brancura e capacidade de aplicação. Tal como o pigmento anterior, os piores resultados revelaram-se na mistura com a resina acrílica, sendo difícil conseguir a fluidez mínima que permitisse a sua aplicação. (Figura 2)



Figura 1. Caulino de Alvarães aglutinado em verniz de retoque.



Figura 2. Talco aglutinado em resina acrílica.

No grupo dos minerais comuns apenas o carbonato de cálcio natural (GCC) apresentou resultados positivos, apesar de revelar comportamentos distintos com os diferentes ligantes. Há a registar uma menor facilidade de aplicação quando misturado com a resina acrílica, adquirindo uma consistência menos fluida, que ao tentar ser superada por adição de mais ligante conferia um carácter plástico à mistura. Esta combinação de GCC/acrílico, não permitiu um acabamento aceitável numa única aplicação, no entanto, é possível a sobreposição de camadas, conferindo texturas mais ou menos rugosas. A mistura de GCC com verniz de retoque, apesar da facilidade de aplicação e qualidade de acabamento, não permite uma correcta percepção do resultado final devido à sua transparência inicial. Após a secagem o resultado final é positivo possuindo bom poder de cobertura. (Figura 3) A utilização de *medium*, obteve resultados positivos.



Fig.3. GCC aglutinado em verniz de retoque, durante a secagem.

No grupo dos minerais especiais, aquele que se destacou largamente, foi o dióxido de titânio. Como pigmento utilizado em reintegração pictórica, tanto em formulações já preparadas, como em pó, para posterior mistura com o ligante a escolher, o seu comportamento não constituiu uma novidade, sendo o pigmento de referência para as diferentes experimentações. Os resultados obtidos foram extremamente positivos para todos os ligantes, destacando uma maior eficácia aquando da mistura com verniz de retoque. A passagem de um estado de maior viscosidade para outro de grande fluidez depende da adição de quantidades mínimas de ligante, o que implica uma adição cuidada, caso contrário a mistura torna-se demasiado fluida, perdendo poder de cobertura. Possui uma grande facilidade de aplicação, bom poder de cobertura e grande versatilidade na capacidade de obtenção de diferentes texturas da superfície.

Um outro pigmento deste grupo que apresentou resultados aceitáveis – no entanto menos positivos do que o carbonato de cálcio natural e do que o dióxido de titânio – foi o caulino calcinado (*Alphatex*). O seu comportamento não foi idêntico em todas as misturas revelando uma maior dificuldade de aplicação quando aglutinado em verniz de retoque e em resina acrílica. Os diferentes resultados foram aceitáveis podendo existir potencial de aplicação quando misturado com outros pigmentos. (Figura 4) Contrariamente aos anteriores pigmentos, que de uma forma geral necessitam de uma adição de ligante de cerca de metade do seu peso, o caulino calcinado necessita de uma quantidade de ligante, superior ao seu peso em cerca de um terço.



Fig.4. Caulino calcinado aglutinado em medium para restauro e verniz de retoque.

O carbonato de cálcio precipitado (*Albagloss*), apresentou resultados extremamente negativos, não existindo qualquer potencial de aplicação enquanto pigmento de reintegração. As características observadas são idênticas às do caulino natural: formação de agregados e imiscibilidade.

Para além da aplicação das diferentes formulações sobre preparação branca – necessária por se tratar da superfície tradicional utilizada em pintura antiga – os pigmentos foram

aplicados sobre uma cartolina de cor preta, permitindo uma maior percepção do poder de cobertura das misturas e dos seus tempos de secagem. Esta observação tornava-se mais complicada sobre um fundo tradicional, pois trata-se de branco sobre branco.

Os pigmentos seleccionados nesta primeira fase foram o carbonato de cálcio natural (GCC), pertencente ao grupo dos minerais comuns, o caulino calcinado (Alphatex) e o dióxido de titânio, ambos pertencentes ao grupo dos minerais especiais. Apesar do dióxido de titânio se apresentar como um pigmento ideal quanto à sua capacidade de trabalho, um dos factores a ter em conta é o custo e a facilidade de aquisição dos pigmentos. Neste caso o dióxido de titânio, apesar de ser relativamente fácil de adquirir em casas da especialidade ou em drogasias – dependendo do grau de refinação necessário – torna-se um pigmento dispendioso tanto no que diz respeito à sua produção, como relativamente à sua compra; no caso da conservação e restauro que necessita de um pigmento mais refinado, isento de impurezas o seu custo de aquisição é elevado.

O ponto seguinte tem por objectivo estudar as características dos pigmentos seleccionados quando em mistura. Procurando melhorar as suas propriedades individuais e no caso do dióxido de titânio, encontrar uma alternativa enquanto pigmento a utilizar de forma isolada.

4.5. Mistura de pigmentos.

Foram testadas as misturas de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (GCC), caulino calcinado e dióxido de titânio e dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (GCC). As três misturas foram aglutinadas nos mesmos ligantes utilizados anteriormente: *medium* para restauro, verniz de retoque e resina acrílica (Paraloid B72®). As primeiras formulações consistiram na mistura dos pigmentos na proporção de 50:50.

A mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (GCC), teve por objectivo diminuir a plasticidade do caulino e aumentar o grau de brancura do carbonato. A formulação 50:50, não obteve os resultados pretendidos, mantendo-se o carácter plástico e formando pequenos agregados. A formulação 25:75, permitiu reduzir os aspectos negativos da mistura, sacrificando o grau de brancura em favor de um menor carácter plástico e uma maior facilidade de aplicação. Apesar do menor grau de brancura comparativamente ao do caulino calcinado utilizado isoladamente, a cor obtida possuía um carácter muito positivo.

Registou-se alguma dificuldade na mistura dos pigmentos, ocorrendo alguma agregação, no entanto, misturar os pigmentos na paleta antes da adição do ligante, impedia a formação de agregados. Manteve-se a dificuldade de percepção do poder de cobertura quando aglutinado em verniz de retoque, bem como uma maior viscosidade, não permitindo uma aplicação em extensão, estando limitada à execução de pequenas áreas.

A mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio na formulação 50:50, não se revelou eficaz, contudo a mistura na proporção de 25:75, apresentou resultados positivos. Por se tratar dos dois pigmentos com maior grau de brancura é a mistura que apresenta os valores mais elevados. A dificuldade em aglutinar o caulino calcinado com verniz de retoque é largamente superada pela maior percentagem de dióxido de titânio, que compensa o carácter plástico da mistura. Possui maior potencial de aplicação do que a mistura anterior.

A mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (GCC), corresponde aos dois pigmentos que isoladamente obtiveram os melhores resultados. Ao promover a sua adição pretendia-se conseguir a facilidade de aplicação, de criação de superfícies lisas e o poder de cobertura do dióxido de titânio, ao mesmo tempo que se controlava a sua rápida passagem de um estado menos fluido para um de maior fluidez. Pretendia-se também utilizar o carbonato de cálcio como pigmento capaz de produzir texturas mais acentuadas, utilizando o dióxido de titânio como extensor da mistura. Os resultados foram muito positivos, independentemente dos ligantes utilizados, sendo superadas as dificuldades de mistura do carbonato com o verniz de retoque e o verniz acrílico. A formulação utilizada foi de 25:75.

Após a mistura dos pigmentos brancos realizaram-se novos ensaios, misturando as formulações testadas com um pigmento colorido – ocre – para uma melhor caracterização da capacidade de mistura e do poder de cobertura.

4.6. Mistura dos pigmentos com ocre.

Neste ponto, procedeu-se à mistura dos pigmentos e das formulações seleccionadas, com ocre. Utilizou-se o ocre por ser um dos pigmentos mais utilizados em conservação e restauro, tanto em tintas já preparadas como em pó. O pigmento foi adquirido na empresa Potássio Quatro, com a referência: Pigmento inorgânico / Série 1 / Código KP40010, Vermelho ocre, Fe_2O_3 .

Todas as misturas apresentaram resultados positivos com características semelhantes às obtidas anteriormente, tanto como pigmento isolado como em mistura. Os piores resultados ocorreram na mistura caulino calcinado e ocre, independentemente do ligante utilizado, que demonstrou dificuldade de aplicação e um carácter viscoso, principalmente nas formulações com verniz de retoque e resina acrílica.

Apesar do dióxido de titânio apresentar uma excelente capacidade de aplicação e acabamento de superfície, há a registar a maior quantidade de pigmento ocre que é necessária adicionar para se conseguir o mesmo tom das restantes formulações. O dióxido de titânio “absorve” a cor, anulando as suas características, conferindo um aspecto mate à cor aplicada. Na formulação onde o dióxido de titânio se encontra em menor quantidade, como na mistura com carbonato de cálcio natural (GCC), na proporção 25:75, este fenómeno não é perceptível, sendo necessária a adição do pigmento ocre numa percentagem muito semelhante à da mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75). O mesmo se verifica em relação aos pigmentos isolados, a mistura de dióxido de titânio e ocre, necessita de uma maior quantidade de ocre para conseguir o mesmo tom dos restantes pigmentos. A capacidade do dióxido de titânio para anular as cores com que é misturado também se verifica nas tintas comerciais existentes no mercado, o que por vezes justifica a opção de utilizar brancos com outras formulações.

4.7. Conclusões.

Após uma análise histórica dos pigmentos utilizados em pintura, da sua contextualização e forma de produção, foram testados pigmentos utilizados em indústrias actuais, do papel e dos plásticos, obtidos através de processos industriais de produção e refinamento, das suas características de origem. Testaram-se também minerais comuns, que poderiam apresentar potencial de utilização como pigmento. Como referência foi utilizado um pigmento comercial, já preparado, destinado especificamente ao tratamento de reintegração cromática em conservação e restauro. Nesta fase, de carácter puramente experimental, apenas se testou a trabalhabilidade dos pigmentos e misturas, sendo o objectivo encontrar um pigmento capaz de superar ou igualar a tinta de referência.

Numa primeira fase foram eliminados o caulino natural, o talco e o carbonato de cálcio precipitado (PCC). Estes pigmentos não apresentaram uma capacidade mínima de aplicação, não sendo miscíveis nos aglutinantes seleccionados. Foram escolhidos como

pigmentos com potencial de aplicação o carbonato de cálcio natural (GCC), o dióxido de titânio e o caulino calcinado. Apesar de seleccionados, estes pigmentos não cumpriam o propósito inicial de igualar ou superar o pigmento de referência. O dióxido de titânio, mesmo possuindo características semelhantes ao pigmento de referência, não cumpre os requisitos relativos aos custos de produção e aquisição, para além de revelar uma tendência para “absorver” a cor com que é misturado, necessitando da adição de uma maior quantidade de pigmento colorido.

Como forma de superar as deficiências dos pigmentos isolados, aproveitando as suas características positivas, para aplicação enquanto pigmento de reintegração, procedeu-se à sua mistura. Da mistura dos pigmentos, aquela que apresentou um resultado próximo do pretendido, foi o dióxido de titânio e o carbonato de cálcio natural (25:75). Esta formulação permitiu superar as limitações individuais, mantendo os aspectos positivos, apesar de algumas características serem inferiores às do pigmento isolado. Exemplo desta diminuição é o dióxido de titânio, que isoladamente apresenta uma brancura superior à da mistura com o carbonato, contudo, essa diminuição não condiciona a sua utilização como pigmento branco, sendo uma variação aceitável. O aspecto da “absorção” da cor, é superado quando em mistura, pois a percentagem de titânio presente é de apenas 25%. Apesar da formulação anterior ser a que apresenta um maior potencial de aplicação, todas as misturas que obtiveram uma avaliação positiva passaram à fase seguinte.

Esta etapa do trabalho consistiu na observação da trabalhabilidade dos pigmentos, não recorrendo a qualquer análise laboratorial para a sua caracterização. No ponto seguinte serão apresentados e analisados os resultados e conclusões obtidos nos diferentes exames efectuados: observação à lupa binocular (análise estratigráfica e de superfície), testes de envelhecimento, análise da variação do grau de brancura, microscopia electrónica de varrimento e difracção de raios-x. Estes exames permitiram avaliar a estabilidade e permanência das misturas, analisando o seu potencial de aplicação.

Serão estudadas as seguintes misturas: dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75), caulino calcinado e dióxido de titânio (25:75) e por último, caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75).

5. Resultados e discussão.

5.1. Introdução.

Após uma primeira fase de testes, cujo objectivo consistiu na experimentação baseada na trabalhabilidade dos pigmentos e misturas, foram tidos em atenção os seguintes factores: facilidade de preparação e qualidade das misturas com diferentes ligantes e pigmentos, facilidade de aplicação, poder de cobertura e grau de adesão ao suporte. Seleccionaram-se os seguintes pigmentos e misturas: dióxido de titânio (TiO_2), caulino calcinado (Alphatex), carbonato de cálcio natural (GCC), mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio (25:75) (Alphatex + TiO_2), mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (Alphatex + GCC) (25:75) e mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (TiO_2 + GCC) (25:75). Todos os pigmentos foram aglutinados com três ligantes distintos: resina acrílica (Paraloid B72®) a 3% em xileno, *medium* para restauro e verniz de retoque. Os dois últimos ligantes são produtos existentes no mercado, prontos a utilizar. A qualidade destas misturas teve como modelo de comparação uma tinta existente no mercado e utilizada em conservação e restauro: pigmento aglutinado em verniz, já preparado e vendido em forma de tubo de 20ml de branco de titânio (Tubo). Para diminuir a viscosidade da tinta adicionaram-se algumas gotas de *White Spirit*.

Os diferentes exames incidiram nos pigmentos e misturas referidos, na tinta existente no mercado e na camada de preparação (Cré). O facto de se analisar a camada de preparação permitiu identificar de que forma esta se comporta perante os diferentes ensaios e qual a sua influência na camada cromática.

5.2. Observação à lupa binocular.

5.2.1 Análise estratigráfica.

A análise estratigráfica tem como objectivo a interpretação de aspectos físicos das amostras, estudando a sobreposição dos diferentes estratos pictóricos: suporte, camada de preparação e camada pictórica. A análise efectuada permite estudar aspectos como a espessura das camadas, a sua conformação, adesão, coesão, cor e granulometria.

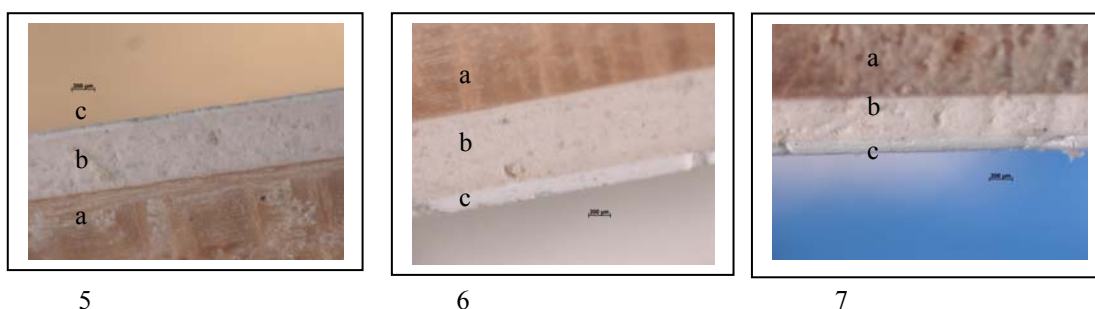
A amostragem foi realizada para todos os pigmentos e misturas seleccionadas: dióxido de titânio (TiO_2), caulino calcinado (Alphatex), carbonato de cálcio natural (GCC), mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio (25:75) (Alphatex + TiO_2), mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (Alphatex + GCC) (25:75) e mistura de dióxido de

titânio e carbonato de cálcio natural ($\text{TiO}_2 + \text{GCC}$) (25:75). Todos os pigmentos foram aglutinados com três ligantes distintos: resina acrílica (Paraloid B72®) a 3% em xileno, medium para restauro e verniz de retoque. Foram também analisadas amostras do pigmento comercial (Tubo) e da preparação branca.

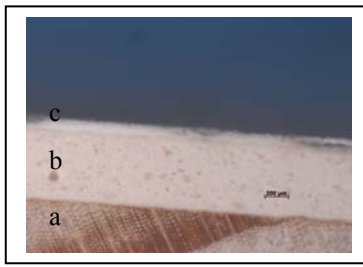
Utilizou-se uma lupa binocular com uma ampliação de 200x. Os diferentes cortes encontram-se representados nas figuras 5 a 24, estando organizados por grupos de pigmentos ou misturas, aglutinados nos diferentes ligantes. As três camadas que fazem compõem a policromia encontram-se representadas com as letras *a*, *b* e *c*. A letra *a*, assinala o suporte de madeira de pinho, registando diferentes cortes: radial e transversal, dependendo da zona de amostragem. A letra *b*, assinala a camada de preparação comum a todas as amostras. A preparação é composta por uma mistura de cré, cola de coelho e água. Na totalidade das imagens é visível a boa conformação da preparação ao suporte, bem como a presença de grãos de cor rosa de diferentes diâmetros (impurezas). A espessura média desta camada é de $800\mu\text{m}$. Apresenta uma cor rosa clara.

A letra *c*, assinala a camada pictórica (mistura de pigmento e ligante). A espessura desta camada com valores entre 40 e $130\mu\text{m}$, apresenta cor branca, boa conformação e adesão com a camada de preparação e um aspecto uniforme e homogêneo sem a presença de impurezas. A exceção ocorre no pigmento comercial (Figura nº23), que regista uma irregularidade da superfície e falta de adesão entre o pigmento e a camada de preparação, revelando pontualmente perda de material pictórico (lacunas).

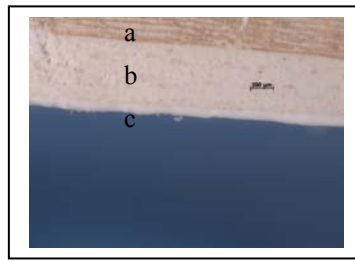
A espessura da camada pictórica (*c*), regista um valor mínimo de $40\mu\text{m}$, na utilização do pigmento dióxido de titânio e do pigmento comercial (Figuras 11, 12, 13 e 23). A espessura máxima regista-se para o caulino calcinado, $130\mu\text{m}$ (Figuras 5, 6 e 7), valor que diminui para um registo intermédio de $65\mu\text{m}$, quando em mistura com o dióxido de titânio e com o carbonato de cálcio natural. As restantes amostras apresentam um valor intermédio de aproximadamente $65\mu\text{m}$.



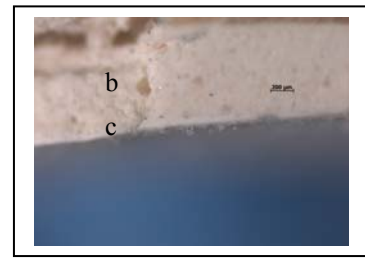
Figuras 5, 6 e 7. Corte estratigráfico (220x): caulino calcinado aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



8

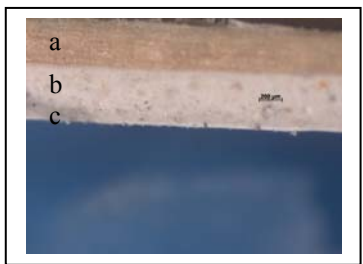


9

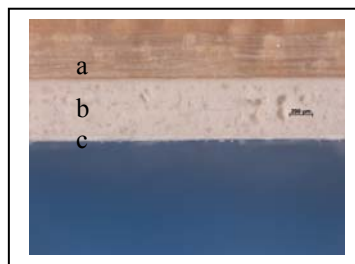


10

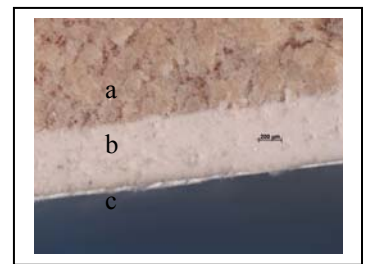
Figuras 8, 9 e 10. Corte estratigráfico (220x): carbonato de cálcio natural aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



11

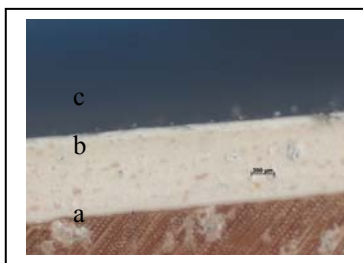


12

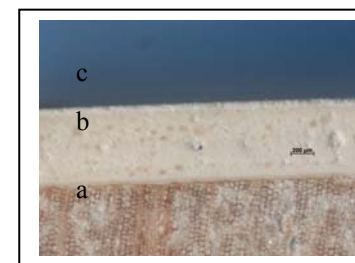


13

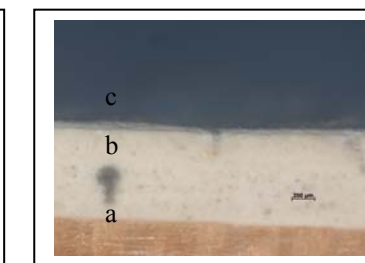
Figuras 11, 12 e 13. Corte estratigráfico (220x): dióxido de titânio aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



14

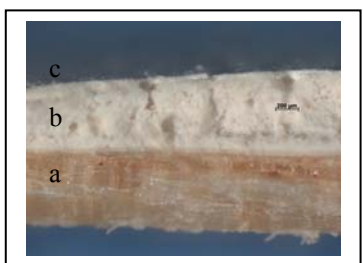


15

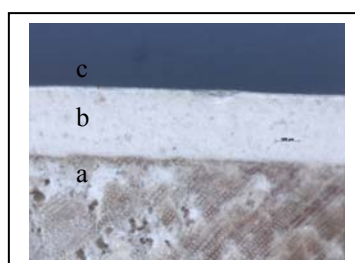


16

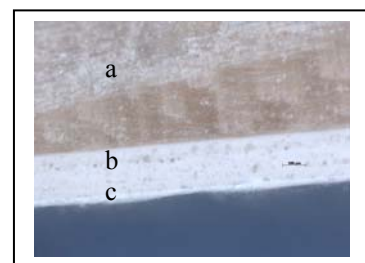
Figuras 14, 15 e 16. Corte estratigráfico (220x): dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



17

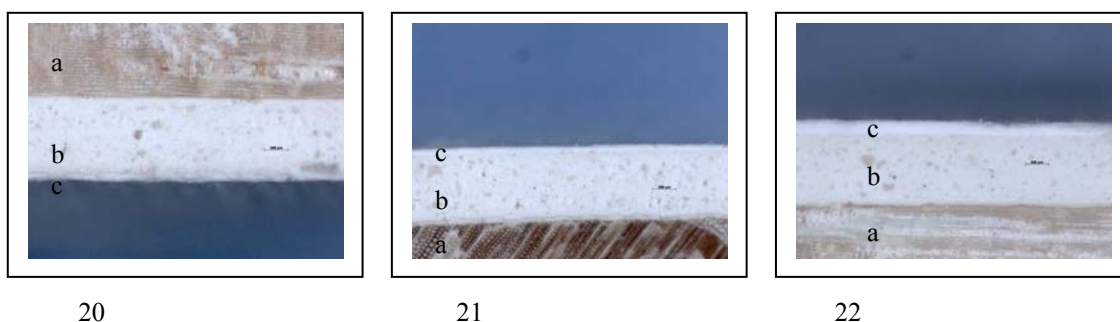


18

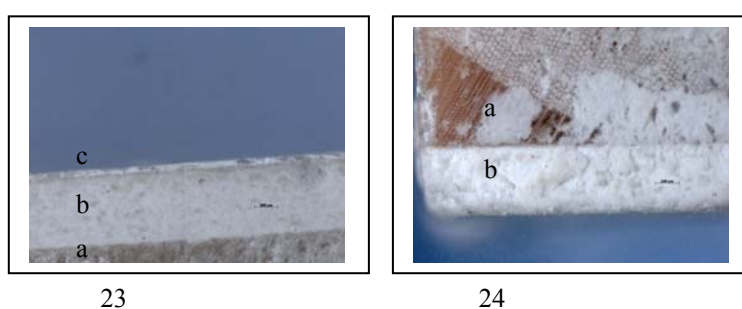


19

Figuras 17, 18 e 19. Corte estratigráfico (220x): dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



Figuras 20, 21 e 22. Corte estratigráfico (220x): caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



Figuras 23 e 24. Corte estratigráfico (220x): pigmento comercial e camada de preparação.

Legenda:

a – Suporte: madeira de pinho. *b* – Preparação branca (800µm). *c* – Camada pictórica.

5.2.2 Análise da superfície.

A análise da superfície das amostras foi realizada com o mesmo equipamento e ampliação utilizado na observação e registo da estratigrafia, variando apenas o posicionamento do ponto de luz, que foi colocado num ângulo de 30° relativamente à superfície. Por se tratarem de superfícies brancas, as irregularidades da policromia tornam-se menos perceptíveis. Ao colocar a radiação tangente à superfície é possível realçar a sua textura tornando mais evidentes as suas características: homogeneidade, regularidade, *craquelés*, alteração, falhas e transparência. Analisaram-se os pigmentos e misturas descritos no ponto anterior e procedeu-se ao seu registo – Figuras 25 a 44. Tal como no ponto anterior as imagens encontram-se agrupadas por pigmentos ou misturas, aglutinadas nos três ligantes: medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.

Na análise das imagens obtidas é de realçar a regularidade das superfícies quando os pigmentos são aplicados isoladamente, bem como na mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) (Figuras 25 a 36). As texturas visíveis nas figuras 28 (carbonato de cálcio natural aglutinado em *medium*), 29 (carbonato de cálcio natural aglutinado em verniz de retoque) e 31 (dióxido de titânio aglutinado em *medium*), devem-se às irregularidades do suporte, mais pronunciadas nestes casos. Devido à maior plasticidade da resina Paraloid B72® quando comparada com os restantes ligantes (*medium* e verniz de retoque), a superfície apresenta, em alguns casos, enrugamento ou quebra na superfície dando origem a *craquelés* mais ou menos pronunciados, com maior ou menor extensão e com diferentes padrões. Este comportamento não se verifica em todas as amostras, estando relacionado com as características intrínsecas dos pigmentos, que torna necessária a adição de diferentes quantidades de ligante, de forma a permitir uma correcta aplicação da tinta.

O caulino calcinado aglutinado em *medium* (Figura 25), regista uma regularidade da superfície, sendo visível a presença de pequenas pontuações de cor rosa; no caso do mesmo pigmento aglutinado em verniz de retoque (Figura 26) é visível a presença de uma rede de *craquelés*, de forma trapezoidal, distanciada entre si, no entanto quando o pigmento se encontra aglutinado em resina acrílica (Figura 27) esta rede deixa de existir, mas regista-se a presença de um maior número de relevos e um ligeiro enrugamento da superfície, sem tendência para criar *craquelés*. Estes fenómenos têm causa provável na maior quantidade de ligante necessária para uma correcta diluição do pigmento, nomeadamente quando comparada com os restantes pigmentos. A superfície é uniforme, com poucas irregularidades; as alterações são mais acentuadas quando o caulino calcinado é utilizado na mistura. (Figuras 37 a 42)

O carbonato de cálcio natural apresenta uma superfície regular – a textura visível nas figuras 28 e 29, pigmento aglutinado em *medium* para restauro (Figura 28) e verniz de retoque (Figura 29), deve-se a um maior relevo do suporte, que é realçado quando analisado sob luz rasante. A superfície policroma do pigmento aglutinado em resina acrílica, apresenta uma superfície extremamente regular. (Figura 30)

A análise das diferentes texturas obtidas pela utilização do dióxido de titânio aglutinado nos diferentes ligantes (Figuras 31 a 33), revela uma superfície uniforme, com ligeiras depressões quando aglutinado em *medium* para restauro e verniz de retoque (Figuras 31 e

32), registando ainda, no primeiro caso, a presença de fissuras pontuais, sem risco de destacamento.

A mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) (Figuras 34 a 36), regista as superfícies mais uniformes, demonstrando uma elevada regularidade e homogeneidade da camada policroma.

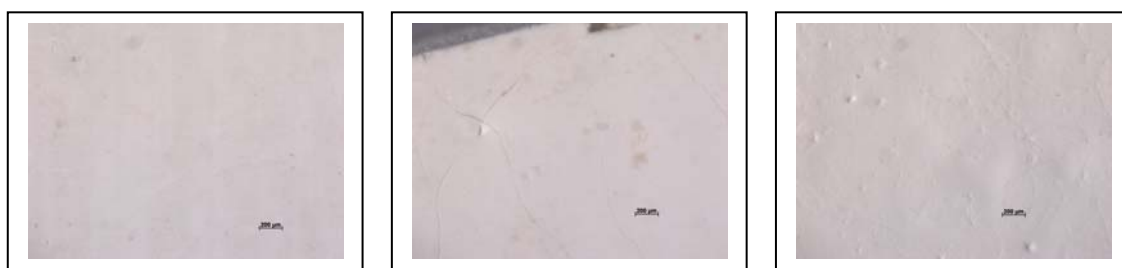
Tal como referido anteriormente, a mistura de caulino calcinado com dióxido de titânio (Figuras 37 a 39) e carbonato de cálcio natural (Figuras 40 a 42), origina superfícies extremamente irregulares. No primeiro caso, quando a mistura é aglutinada em *medium* para restauro (Figura 37), é visível a presença de pequenas fissuras, sem continuidade, para além de depressões da superfície e pequenas partículas de cor rosa. Contrariamente à observação anterior, a superfície da mistura quando aglutinada em verniz de retoque (Figura 38), revela a existência de pequenas bolhas com a forma de meia esfera. Estas irregularidades devem-se à heterogeneidade da mistura pigmento/ligante, revelando a existência de pequenos aglomerados de pigmento. A utilização de resina acrílica como aglutinante da mistura é a que origina uma superfície mais regular (Figura 39), no entanto são ainda visíveis ligeiros enrugamentos e relevos da policromia.

A mistura de caulino calcinado com carbonato de cálcio natural (Figuras 40 a 42), para além da irregularidade da superfície, mais pronunciada quando o aglutinante utilizado é o verniz de retoque (Figura nº41), apresenta pequenas linhas de fissuras, sem continuidade (Figuras 40 e 41). A Figura 42 - mistura aglutinada em resina acrílica - revela a existência de pequenos aglomerados, de forma tendencialmente circular, onde se verifica um ligeiro enrugamento da superfície. Tal como no caso anterior, não existe uma total homogeneidade da mistura, que origina diferentes graus de compatibilidade com os ligantes escolhidos.

Estes pigmentos e misturas, apesar de possuírem diferentes texturas, o que os torna mais ou menos aptos a utilizar no processo de reintegração de superfícies policromas, possuem como característica comum o facto de apresentarem uma boa coesão com a camada de preparação, não existindo risco de destacamento ou desagregação. Este aspecto não se verifica para o pigmento comercial (Figura 43), que apesar de apresentar uma superfície plana, onde se registam ligeiros enrugamentos, revela uma acentuada presença de fissuras e *craquelés*, que colocam em risco a permanência da policromia – aspecto verificado no ponto anterior, na análise estratigráfica (Figura 23), onde são visíveis pequenas faltas de

material. Os *craquelés* apresentam forma de “pé de galinha” e as fissuras tendem a acompanhar o sentido do veio da madeira – o facto da camada policroma ser muito fina (cerca de 40µm) e necessitar de menos aglutinante, justifica este comportamento.

A última imagem (Figura nº 44), corresponde à camada de preparação, comum a todas as policromias e sobre a qual se aplicaram os pigmentos. A superfície é irregular, sendo perceptível a existência de pequenos relevos que cruzam entre si perpendicularmente – linhas deixadas pelo pincel durante a aplicação. Os relevos em forma de meia esfera resultam de pequenas acumulações de cré.



25

26

27

Figuras 25, 26 e 27. Superfície - luz rasante (220x): caulino calcinado aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



28

29

30

Figuras 28, 29 e 30. Superfície – luz rasante (220x): carbonato de cálcio natural aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



31

32

33

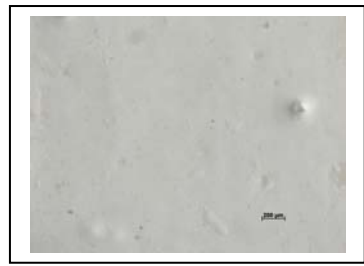
Figuras 31, 32 e 33. Superfície – luz rasante (220x): dióxido de titânio aglutinado em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



34



35

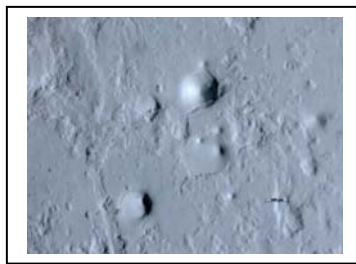


36

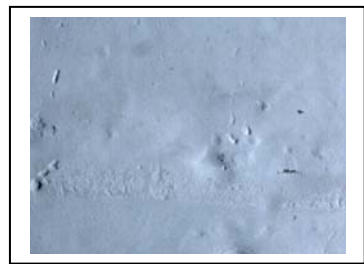
Figuras 34, 35 e 36. Superfície – luz rasante (220x): dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



37

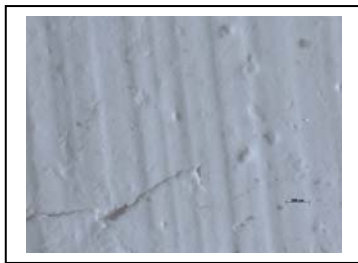


38

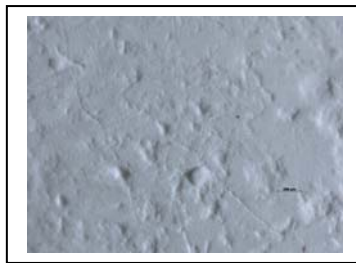


39

Figuras 37, 38 e 39. Superfície – luz rasante (220x): dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



40



41



42

Figuras 40, 41 e 42. Superfície – luz rasante (220x): caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, verniz de retoque e Paraloid B72®.



43



44

Figuras 43 e 44. Superfície – luz rasante (220x): pigmento comercial e camada de preparação.

5.3. Testes de envelhecimento.

As amostras seleccionadas foram sujeitas a testes de envelhecimento recorrendo a radiação de tungsténio e ultra violeta, durante um período máximo de exposição de 2880 horas. O período de exposição dividiu-se em três fases: no primeiro as amostras foram colocadas sob focos de luz de tungsténio e efectuaram-se medições aos 15 e aos 30 dias (360 e 720 horas) (Foco 1 e Foco 3). Na segunda fase, simultânea à primeira, as amostras foram sujeitas a radiação ultravioleta. Tal como anteriormente efectuaram-se duas medições aos 15 e 30 dias (UV1 e UV3). Na terceira fase, as amostras sujeitas à radiação de tungsténio foram também sujeitas a radiação ultravioleta. Estas medições estão representadas como F3+UV1 (720 + 360 horas), F3+UV3 (720 + 720 horas), F3+UV6 (720 + 1080 horas), F3+UV8 (720 + 1440 horas), F3+UV11 (720 + 1800 horas) e F3+UV15 (720 + 2160 horas). As amostras referidas como “Padrão” não foram sujeita a qualquer tipo de radiação. No final do período de exposição à radiação, tornou-se claramente perceptível para algumas amostras, o seu grau de alteração quando confrontadas visualmente com a amostra padrão, sendo de salientar a alteração do pigmento comercial (Tubo), que para além da alteração da sua cor (amarelecimento), apresentava um acentuado grau de destacamento da camada de preparação. A análise visual revelou ainda uma alteração muito ligeira nos casos em que o ligante utilizado foi a resina acrílica (Paraloid B72®), independentemente dos pigmentos utilizados. Para os restantes ligantes – *medium* e verniz de retoque – o amarelecimento foi claramente perceptível e ligeiramente superior nos casos em que foi utilizado verniz de retoque. É de realçar um maior amarelecimento do caulino calcinado (Alphatex), com médium e verniz de retoque, quando comparado com os restantes pigmentos e misturas, com excepção do pigmento comercial.

5.4. Análise da variação do grau de brancura – Método Hunter L.a.b.

A medição da alteração do grau de brancura das amostras realizou-se com intervalos de quinze dias ao longo de cento e vinte dias.

As medições foram efectuadas utilizando duas radiações: A (luz de fim do dia) e B (luz do meio dia) e um padrão de esmalte com os valores de calibração Y, X, Z de 80,3/87,6/29,0 para a luz A e 80,8/78,7/96,0 para a luz C. Os valores Y, X, Z, obtidos sob radiação A (luz do fim do dia) e C (luz do meio dia), foram convertidos matematicamente para valores *L.a.b.* A conversão gráfica destes valores encontra-se no Anexo 1. *L* corresponde aos

valores de luminosidade, variando de 100 para branco, a 0 para preto; a representa a variação vermelho/verde (+-) e b , a variação amarelo/azul (+-). O comportamento dos diferentes pigmentos e misturas, encontra-se sempre associado ao ligante utilizado, que assume uma importância fundamental devido à sua interação com a radiação ultravioleta. As amostras do pigmento comercial e da preparação encontram-se representadas em todos os gráficos como forma de comparação, apesar de não terem presente na sua mistura os mesmos ligantes, logo os seus valores de L , a e b , são sempre idênticos para o mesmo ligante.

Independentemente de se realizar a interpretação de resultados utilizando luz A ou C, o comportamento das amostras é muito semelhante, com flutuações pouco significativas. No geral os resultados obtidos utilizando luz C, apresentam uma variação mais linear, enquanto que os resultados obtidos com luz A apresentam flutuações de difícil interpretação. Na análise dos valores de L , tanto para luz A como para C, é perceptível a predominância de um valor inicial superior ao valor final, resultante de uma perda de luminosidade, com exceção para o carbonato de cálcio natural (GCC) com verniz acrílico (Paraloid B72®) (Quadros 4 e 12) e da mistura de caulino calcinado (Alphatex) e carbonato de cálcio natural (GCC) com médium (Quadros 6 e 14). Estas exceções verificaram-se com as duas radiações utilizadas e reflectiram-se em ligeiros aumentos do valor de L . No primeiro caso de 96,28 inicial para um valor de 96,33 e no segundo caso de 94,78 para 95,25 – com luz A; a medição com luz C, registou valores iniciais de 96,16 e 94,78 e valores finais de 96,30 para o primeiro caso e 94,78 para a segunda mistura (idêntico ao inicial). Estas duas exceções estarão associadas ao comportamento do carbonato de cálcio natural, a variável comum, cujo comportamento é mais sensível a alterações de luminosidade. Uma terceira exceção, mas com características particulares, diz respeito aos valores da amostra Cré (camada de preparação), sob radiação A e C; nestes casos a leitura final - 90,44 (A) e 89,81 (C) -apresenta um valor ligeiramente superior ao inicial -90,42 e 89,67 (Quadros 9 e 17). No entanto a análise numérica e gráfica permite concluir tratar-se de flutuações muito ligeiras, com pequenas amplitudes, resultando numa leitura final de valores quase constante. É de registar uma diminuição quase linear de valores de L , quando o aglutinante utilizado foi o verniz de retoque. (Gráficos 3 e 12) O comportamento do pigmento comercial, é aquele que reflecte uma maior amplitude de

valores: 93,81 inicial e 91,21 final (luz A) e 93,61 inicial e 91,01 final (luz C), a que corresponde uma diminuição acentuada de luminosidade. (Quadros 7 e 14)

Paralelamente à medição dos valores de L , registaram-se os valores para a (vermelho + e verde -) e b (amarelo + e azul -), sob radiação A e C. A análise dos resultados de a , sob radiação A e C, reflecte uma tendência para a diminuição do valor inicial, no entanto esta variação não se reflectiu no “arrefecimento” da tonalidade da amostra, pois foi compensada por uma tendência de crescimento superior dos valores de b – aspecto mais perceptível na linearidade dos resultados obtidos sob radiação C – Gráficos 16, 17 e 18 (Anexo 1) – onde não se registou nenhuma excepção a este aumento.

As excepções à diminuição do valor inicial de a sob radiação A, são o pigmento comercial (Tubo) (Quadro 8), onde se regista um ligeiro aumento e o dióxido de titânio aglutinado em médium e verniz de retoque (Quadro 2), a mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural aglutinados em médium (Quadro 7) e o caulino calcinado puro e misturado com dióxido de titânio aglutinado em verniz de retoque (Quadros 3 e 5). De salientar que o dióxido de titânio puro e a sua mistura com carbonato de cálcio natural, aglutinados em médium registaram aumentos muito ligeiros de 0,03. (Quadros 2 e 7)

Algumas das excepções anteriores repetem-se quando as amostras são sujeitas a radiação C, como é o caso do dióxido de titânio aglutinado em *medium* e em verniz de retoque (Quadro 10); também no primeiro caso se verifica um ligeiro aumento de 0,01. Contrariamente ao registado sob luz A, ocorre o aumento do valor de a para o dióxido de titânio e a mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio, aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®). (Quadros 10 e 13)

A leitura de b sob radiação A, apresenta uma tendência mista de alteração de valores, tendência que não é comum aos três ligantes utilizados. A análise de b , dos pigmentos aglutinados em resina acrílica revela um aumento de valor no caso dos pigmentos puros. (Quadros 2, 3 e 4) Aumento que se confirma nos casos do caulino calcinado aglutinado em médium e verniz de retoque (Quadro 3) e do carbonato de cálcio natural aglutinado em verniz de retoque (Quadro 4). Todas as misturas de pigmento reflectiram uma diminuição de valores quando aglutinadas em resina acrílica, aspecto que se alterou quando aglutinados nos restantes ligantes: aumento de valor nas misturas de caulino calcinado e dióxido de titânio em *medium* e diminuição em verniz de retoque (Quadro 5); aumento de valor na mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural em *medium* e em verniz

de retoque (Quadro 6); diminuição do valor na mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural em *medium* e aumento quando aglutinado em verniz de retoque (Quadro 7). O pigmento comercial e a amostra da camada de preparação registaram um aumento de valor, com maior amplitude no primeiro caso. (Quadros 8 e 9)

Tal como referido anteriormente a análise de *b*, das amostras sob radiação C, reflecte um aumento de valores, expresso de forma quase linear, sem excepções. (Gráficos 7, 8 e 9 – Anexo 1) De registar o pequeno intervalo de valores obtido para a mistura dos pigmentos com resina acrílica (Quadros 10 a 15) e a grande amplitude registada (6,76) no caso do pigmento comercial (Quadro 16). A amostra da camada de preparação apresenta uma variação de 0,1. (Quadro 17)

Uma análise global dos resultados confirma a tendência para a diminuição dos valores de *L*. A leitura dos valores de *a*, regista um comportamento idêntico: tendência para a diminuição do valor inicial. A leitura de *b*, apresenta um comportamento misto quando analisado sob radiação A, mas uma constância de comportamento quando analisado sob radiação C: aumento do valor final.

As maiores e as menores amplitudes de valores registam-se, na quase totalidade, para o pigmento comercial (Tubo) e para a amostra da camada de preparação (Cré), respectivamente. O pigmento com maior amplitude de valores é o caulino calcinado (Alphatex), amplitude que diminui quando adicionado ao carbonato de cálcio natural ou ao dióxido de titânio. A mistura que apresenta uma maior amplitude é a de dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25); a mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) apresenta amplitudes superiores à dos pigmentos isolados.

| | Luz A | | | | | | | | |
|-----------|------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|
| | TiO ₂ + B72 | | | TiO ₂ + Medium | | | TiO ₂ + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 97,21 | 22,25 | 47,47 | 97,83 | 21,37 | 47,97 | 98,66 | 21,79 | 48,33 |
| Foco 1 | 96,88 | 22,12 | 47,34 | 97,49 | 21,30 | 47,82 | 98,37 | 22,13 | 48,23 |
| Foco 3 | 97,45 | 22,34 | 47,63 | 98,03 | 20,97 | 48,14 | 98,15 | 21,56 | 48,19 |
| UV 1 | 97,49 | 21,78 | 47,72 | 97,01 | 21,06 | 47,61 | 98,37 | 22,07 | 48,23 |
| UV 3 | 97,40 | 22,16 | 47,67 | 97,07 | 20,80 | 47,69 | 98,15 | 21,80 | 48,25 |
| F3 + UV1 | 97,43 | 22,16 | 47,68 | 96,40 | 20,41 | 47,35 | 98,05 | 20,97 | 48,17 |
| F3 + UV 3 | 97,55 | 22,14 | 47,77 | 97,45 | 21,24 | 47,89 | 97,81 | 21,92 | 48,04 |
| F3 + UV6 | 97,37 | 22,17 | 47,67 | 97,57 | 21,22 | 48,06 | 97,76 | 22,29 | 48,13 |
| F3 + UV8 | 97,11 | 21,90 | 47,56 | 97,25 | 21,21 | 47,95 | 97,50 | 21,96 | 48,14 |
| F3 + UV11 | 97,02 | 22,22 | 47,44 | 97,25 | 21,33 | 47,95 | 97,43 | 22,22 | 48,20 |
| F3 + UV15 | 97,01 | 22,10 | 47,51 | 96,78 | 21,40 | 47,88 | 96,87 | 22,68 | 48,22 |

Quadro 2 – Variação de *L*, *a* e *b* do dióxido de titânio durante o envelhecimento.

| | Luz A | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Alphatex + B72 | | | Alphatex + Medium | | | Alphatex + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,87 | 22,80 | 47,96 | 95,46 | 24,22 | 47,14 | 96,16 | 22,86 | 47,89 |
| Foco 3 | 96,80 | 22,69 | 47,91 | 95,25 | 23,20 | 47,17 | 96,16 | 22,86 | 47,89 |
| Novo(Padrão) | 94,60 | 22,62 | 46,67 | 93,04 | 23,85 | 46,12 | 95,01 | 23,05 | 47,06 |
| UV 1 | 93,77 | 23,27 | 46,19 | 91,83 | 23,43 | 45,99 | 95,04 | 22,17 | 47,34 |
| UV 3 | 94,62 | 21,99 | 46,69 | 92,34 | 23,14 | 45,95 | 94,41 | 22,02 | 47,12 |
| F3 + UV3 | 96,18 | 22,30 | 47,56 | 94,85 | 22,45 | 47,18 | 95,36 | 22,43 | 47,89 |
| F3 + UV6 | 95,99 | 22,20 | 47,47 | 94,66 | 22,74 | 47,22 | 94,89 | 22,45 | 47,97 |
| F3 + UV8 | 95,81 | 21,92 | 47,45 | 94,48 | 22,64 | 47,16 | 94,23 | 22,81 | 47,76 |
| F3 + UV11 | 95,74 | 22,37 | 47,37 | 94,43 | 22,84 | 47,05 | 94,27 | 22,93 | 47,64 |
| F3 + UV15 | 95,99 | 22,20 | 47,51 | 94,75 | 23,29 | 47,34 | 94,29 | 23,62 | 47,93 |

Quadro 3 – Variação de *L*, *a* e *b* do caulino calcinado durante o envelhecimento.

| | Luz A | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|--------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | GCC + B72 | | | GCC + Medium | | | GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,28 | 22,77 | 47,40 | 96,51 | 23,29 | 47,65 | 95,29 | 22,69 | 47,08 |
| Foco 1 | 95,99 | 22,45 | 47,28 | 95,43 | 22,36 | 47,13 | 95,88 | 22,16 | 47,41 |
| Foco 3 | 96,80 | 22,50 | 47,67 | 96,56 | 22,91 | 47,86 | 95,17 | 22,02 | 47,03 |
| UV 1 | 96,18 | 22,24 | 47,43 | 95,04 | 22,48 | 47,05 | 95,73 | 22,25 | 47,68 |
| UV 3 | 95,85 | 21,73 | 47,38 | 95,43 | 22,48 | 47,27 | 95,86 | 22,53 | 47,83 |
| F3 + UV1 | 95,17 | 21,96 | 46,87 | 95,43 | 22,42 | 47,29 | 95,38 | 22,24 | 47,53 |
| F3 + UV 3 | 96,70 | 22,34 | 47,76 | 95,66 | 22,63 | 47,33 | 95,06 | 21,98 | 47,44 |
| F3 + UV6 | 96,28 | 22,59 | 47,57 | 95,32 | 22,56 | 47,22 | 94,96 | 22,00 | 47,61 |
| F3 + UV8 | 96,25 | 22,78 | 47,50 | 95,39 | 21,99 | 47,20 | 94,78 | 21,84 | 47,56 |
| F3 + UV11 | 96,45 | 22,56 | 47,54 | 95,10 | 22,22 | 47,01 | 94,66 | 21,79 | 47,36 |
| F3 + UV15 | 96,33 | 22,09 | 47,59 | 95,95 | 22,15 | 47,37 | 94,69 | 22,48 | 47,56 |

Quadro 4 – Variação de *L*, *a* e *b* do carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz A | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| | Alphatex + TiO ₂ + B72 | | | Alphatex + TiO ₂ + Medium | | | Alphatex + TiO ₂ + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 98,52 | 21,87 | 48,44 | 96,87 | 20,96 | 47,55 | 98,61 | 22,16 | 48,56 |
| Foco 1 | 98,79 | 21,59 | 48,59 | 96,26 | 20,80 | 47,31 | 98,39 | 21,89 | 48,52 |
| Foco 3 | 98,20 | 21,98 | 48,23 | 97,04 | 19,95 | 47,74 | 98,56 | 22,10 | 48,52 |
| UV 1 | 97,93 | 21,23 | 48,15 | 96,33 | 20,17 | 47,39 | 97,88 | 21,72 | 48,24 |
| UV 3 | 98,03 | 21,34 | 48,22 | 96,95 | 20,58 | 47,77 | 98,06 | 22,36 | 48,39 |
| F3 + UV1 | 97,55 | 21,59 | 47,91 | 97,14 | 20,00 | 47,92 | 97,93 | 21,17 | 48,33 |
| F3 + UV 3 | 98,22 | 21,25 | 48,33 | 96,94 | 20,21 | 47,81 | 97,76 | 22,05 | 48,27 |
| F3 + UV6 | 98,23 | 20,82 | 48,36 | 96,87 | 20,22 | 47,91 | 97,50 | 21,66 | 48,41 |
| F3 + UV8 | 97,98 | 20,86 | 48,23 | 96,61 | 20,07 | 47,82 | 97,45 | 21,06 | 48,58 |
| F3 + UV11 | 97,71 | 20,71 | 48,09 | 96,16 | 20,07 | 47,64 | 96,85 | 21,70 | 48,37 |
| F3 + UV15 | 97,83 | 20,76 | 48,15 | 95,93 | 20,54 | 47,62 | 96,61 | 22,35 | 48,48 |

Quadro 5 – Variação de *L*, *a* e *b* da mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio durante o envelhecimento.

| | Luz A | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|------------------------------------|----------|----------|
| | Alphatex + GCC + B72 | | | Alphatex + GCC + Medium | | | Alphatex + GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,54 | 22,18 | 47,64 | 94,78 | 22,65 | 46,83 | 95,76 | 23,36 | 47,40 |
| Foco 1 | 96,49 | 21,08 | 47,71 | 95,29 | 22,01 | 47,10 | 95,71 | 22,75 | 47,25 |
| Foco 3 | 96,70 | 22,21 | 47,74 | 95,81 | 22,11 | 47,37 | 95,67 | 22,50 | 47,26 |
| UV 1 | 96,94 | 21,44 | 47,90 | 93,67 | 22,91 | 46,41 | 94,11 | 22,96 | 46,77 |
| UV 3 | 95,93 | 21,41 | 47,34 | 95,03 | 22,05 | 47,07 | 93,42 | 22,38 | 46,58 |
| F3 + UV1 | 96,35 | 21,71 | 47,57 | 94,96 | 21,43 | 47,07 | 95,73 | 22,62 | 47,54 |
| F3 + UV 3 | 96,45 | 21,39 | 47,64 | 95,22 | 22,39 | 47,23 | 95,73 | 22,74 | 47,66 |
| F3 + UV6 | 96,09 | 21,88 | 47,50 | 94,85 | 22,45 | 47,10 | 95,64 | 22,57 | 47,85 |
| F3 + UV8 | 95,81 | 21,86 | 47,37 | 94,73 | 22,28 | 46,99 | 95,18 | 22,71 | 47,69 |
| F3 + UV11 | 95,69 | 21,94 | 47,28 | 94,62 | 22,30 | 46,87 | 95,46 | 22,41 | 47,88 |
| F3 + UV15 | 96,00 | 22,02 | 47,44 | 95,25 | 22,39 | 47,28 | 95,52 | 23,21 | 48,14 |

Quadro 6 – Variação de *L*, *a* e *b* da mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz A | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|----------|----------|---------------------------------------|----------|----------|---|----------|----------|
| | TiO₂ + GCC + B72 | | | TiO₂ + GCC + Medium | | | TiO₂ + GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 98,03 | 22,00 | 48,26 | 96,85 | 21,08 | 47,67 | 97,09 | 21,42 | 47,73 |
| Foco 1 | 96,14 | 21,68 | 47,28 | 96,73 | 21,16 | 47,67 | 96,63 | 21,24 | 47,55 |
| Foco 3 | 98,15 | 21,80 | 48,29 | 96,33 | 20,79 | 47,41 | 96,88 | 21,45 | 47,75 |
| UV 1 | 97,76 | 21,44 | 48,09 | 96,70 | 21,04 | 47,66 | 96,00 | 20,96 | 47,23 |
| UV 3 | 97,84 | 21,55 | 48,19 | 96,82 | 20,84 | 47,75 | 96,47 | 21,20 | 47,58 |
| F3 + UV1 | 97,38 | 21,31 | 47,93 | 96,80 | 20,72 | 47,75 | 95,76 | 20,62 | 47,16 |
| F3 + UV 3 | 97,76 | 21,62 | 48,13 | 96,06 | 20,95 | 47,34 | 95,86 | 20,55 | 47,33 |
| F3 + UV6 | 97,50 | 21,60 | 48,08 | 96,06 | 21,02 | 47,47 | 96,09 | 20,76 | 47,62 |
| F3 + UV8 | 97,26 | 21,70 | 47,93 | 95,53 | 21,03 | 47,30 | 95,29 | 21,07 | 47,39 |
| F3 + UV11 | 97,45 | 21,30 | 47,98 | 95,45 | 20,80 | 47,25 | 95,53 | 20,41 | 47,70 |
| F3 + UV15 | 97,67 | 21,69 | 48,12 | 95,43 | 21,11 | 47,31 | 95,04 | 21,17 | 47,80 |

Quadro 7 – Variação de *L*, *a* e *b* da mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz A | | |
|-----------|--------------|----------|----------|
| | Tubo | | |
| | L | a | b |
| Padrão | 93,81 | 22,69 | 46,24 |
| Foco 1 | 92,77 | 22,42 | 46,04 |
| Foco 3 | 93,04 | 22,44 | 46,31 |
| UV 1 | 93,65 | 22,21 | 46,50 |
| UV 3 | 92,93 | 21,69 | 46,42 |
| F3 + UV1 | 93,09 | 22,37 | 46,40 |
| F3 + UV 3 | 93,59 | 22,60 | 46,85 |
| F3 + UV6 | 92,95 | 22,46 | 46,63 |
| F3 + UV8 | 93,02 | 22,06 | 46,87 |
| F3 + UV11 | 92,39 | 22,62 | 46,54 |
| F3 + UV15 | 91,21 | 22,96 | 47,06 |

Quadro 8 – Variação de *L*, *a* e *b* do pigmento comercial (Tubo) durante o envelhecimento.

| | Luz A | | |
|-----------|-------|-------|-------|
| | Cré | | |
| | L | a | b |
| Padrão | 90,42 | 23,37 | 46,49 |
| Foco 1 | 90,41 | 22,45 | 46,30 |
| Foco 3 | 90,46 | 22,96 | 46,24 |
| UV 1 | 90,50 | 22,56 | 46,34 |
| UV 3 | 90,68 | 22,66 | 46,41 |
| F3 + UV1 | 90,61 | 22,48 | 46,33 |
| F3 + UV 3 | 90,09 | 22,24 | 46,15 |
| F3 + UV6 | 90,18 | 22,22 | 46,21 |
| F3 + UV8 | 90,30 | 21,54 | 46,35 |
| F3 + UV11 | 90,18 | 22,09 | 46,32 |
| F3 + UV15 | 90,44 | 22,44 | 46,57 |

Quadro 9 – Variação de *L*, *a* e *b* da preparação branca (Cré) durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|-----------|------------------------|-------|------|---------------------------|-------|------|-------------------------------|------|------|
| | TiO ₂ + B72 | | | TiO ₂ + Medium | | | TiO ₂ + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 97,30 | 0,47 | 0,35 | 97,76 | -0,11 | 0,95 | 98,67 | 0,32 | 0,91 |
| Foco 1 | 96,88 | 0,44 | 0,44 | 97,54 | -0,00 | 0,98 | 98,49 | 0,55 | 1,00 |
| Foco 3 | 97,66 | 0,55 | 0,66 | 98,12 | -0,45 | 1,26 | 98,23 | 0,47 | 1,09 |
| UV 1 | 96,49 | -0,88 | 0,79 | 97,16 | -0,40 | 1,17 | 98,56 | 0,49 | 1,09 |
| UV 3 | 97,54 | 0,12 | 0,94 | 97,07 | -0,22 | 1,34 | 98,05 | 0,28 | 1,37 |
| F3 + UV1 | 97,19 | 0,59 | 0,61 | 96,19 | -0,34 | 1,08 | 98,25 | 0,17 | 1,27 |
| F3 + UV 3 | 97,57 | 0,37 | 0,73 | 97,60 | -0,42 | 1,50 | 98,05 | 0,46 | 1,25 |
| F3 + UV6 | 97,31 | 0,53 | 0,67 | 97,31 | -0,38 | 1,63 | 97,74 | 0,32 | 1,63 |
| F3 + UV8 | 97,25 | 0,71 | 0,66 | 97,45 | -0,19 | 1,74 | 97,43 | 0,36 | 2,02 |
| F3 + UV11 | 97,18 | 0,71 | 0,73 | 97,33 | -0,20 | 1,86 | 97,31 | 0,41 | 2,38 |
| F3 + UV15 | 97,11 | 0,89 | 0,75 | 96,95 | -0,10 | 2,27 | 96,87 | 0,50 | 3,38 |

Quadro 10 – Variação de *L*, *a* e *b* do dióxido de titânio durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|--------------|----------------|------|------|-------------------|------|------|-----------------------|-------|------|
| | Alphatex + B72 | | | Alphatex + Medium | | | Alphatex + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,61 | 0,79 | 2,18 | 95,17 | 2,21 | 1,80 | 96,11 | 1,01 | 3,24 |
| Foco 3 | 96,42 | 0,78 | 2,23 | 95,08 | 1,76 | 2,22 | 96,04 | 1,19 | 3,10 |
| Novo(Padrão) | 94,22 | 1,21 | 1,51 | 92,50 | 2,47 | 2,45 | 93,93 | 1,70 | 2,49 |
| UV 1 | 93,81 | 1,51 | 1,66 | 91,41 | 2,74 | 3,54 | 94,83 | 0,81 | 3,32 |
| UV 3 | 94,36 | 1,41 | 1,41 | 92,23 | 2,32 | 2,68 | 94,67 | 0,86 | 3,58 |
| F3 + UV3 | 96,11 | 0,89 | 1,99 | 94,80 | 1,18 | 3,13 | 94,90 | 0,31 | 4,81 |
| F3 + UV6 | 96,04 | 0,76 | 2,05 | 94,52 | 0,98 | 3,33 | 94,62 | -0,08 | 5,60 |
| F3 + UV8 | 95,71 | 1,17 | 1,95 | 94,15 | 1,02 | 3,45 | 94,02 | 0,19 | 5,91 |
| F3 + UV11 | 95,59 | 1,04 | 1,95 | 94,09 | 1,27 | 3,21 | 93,88 | 0,75 | 5,38 |
| F3 + UV15 | 95,85 | 1,12 | 2,06 | 94,38 | 1,29 | 3,64 | 93,77 | 0,62 | 6,40 |

Quadro 11 – Variação de *L*, *a* e *b* do caulino calcinado durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------|------|--------------|------|------|------------------|------|------|
| | GCC + B72 | | | GCC + Medium | | | GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,16 | 1,32 | 1,19 | 96,40 | 1,71 | 1,69 | 95,31 | 1,59 | 1,73 |
| Foco 1 | 95,90 | 1,50 | 1,08 | 95,13 | 1,58 | 1,46 | 95,81 | 1,55 | 1,70 |
| Foco 3 | 96,38 | 1,27 | 1,22 | 96,30 | 1,52 | 2,25 | 94,99 | 1,38 | 1,75 |
| UV 1 | 96,99 | 1,12 | 2,01 | 94,43 | 1,54 | 2,16 | 95,64 | 0,67 | 3,28 |
| UV 3 | 95,95 | 1,06 | 1,52 | 95,31 | 0,96 | 2,35 | 95,59 | 0,92 | 3,77 |
| F3 + UV1 | 95,38 | 1,09 | 1,12 | 95,03 | 1,51 | 2,17 | 95,24 | 0,58 | 3,50 |
| F3 + UV 3 | 96,47 | 1,16 | 1,56 | 95,45 | 1,22 | 2,00 | 95,08 | 0,32 | 3,91 |
| F3 + UV6 | 96,26 | 1,21 | 1,48 | 95,11 | 1,14 | 2,06 | 94,76 | 0,24 | 4,21 |
| F3 + UV8 | 96,42 | 1,28 | 1,45 | 95,10 | 1,39 | 1,83 | 94,52 | 0,29 | 4,06 |
| F3 + UV11 | 96,30 | 1,21 | 1,45 | 94,97 | 1,19 | 1,72 | 94,38 | 0,47 | 3,80 |
| F3 + UV15 | 96,30 | 1,27 | 1,53 | 95,71 | 1,30 | 1,66 | 94,45 | 0,34 | 4,47 |

Quadro 12 – Variação de *L*, *a*, e *b* do carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|-------|------|--------------------------------------|-------|------|--|-------|------|
| | Alphatex + TiO ₂ + B72 | | | Alphatex + TiO ₂ + Medium | | | Alphatex + TiO ₂ + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 98,66 | -0,04 | 1,53 | 96,78 | -0,18 | 1,18 | 98,44 | 0,30 | 1,73 |
| Foco 1 | 98,78 | -0,04 | 1,44 | 96,33 | -0,27 | 1,37 | 98,17 | 0,10 | 1,98 |
| Foco 3 | 98,39 | 0,24 | 1,26 | 97,11 | -1,01 | 1,57 | 98,32 | 0,48 | 1,67 |
| UV 1 | 98,10 | -0,08 | 1,28 | 96,51 | -0,69 | 1,49 | 97,79 | 0,08 | 1,84 |
| UV 3 | 98,10 | -0,21 | 1,38 | 97,09 | -1,32 | 1,97 | 97,95 | 0,03 | 2,12 |
| F3 + UV1 | 97,91 | -0,28 | 1,42 | 97,19 | -0,82 | 1,67 | 97,86 | -0,59 | 2,10 |
| F3 + UV 3 | 98,37 | -0,25 | 1,43 | 97,26 | -1,25 | 1,98 | 97,78 | 0,01 | 2,33 |
| F3 + UV6 | 98,15 | -0,44 | 1,39 | 96,80 | -1,28 | 2,18 | 97,30 | -0,26 | 2,86 |
| F3 + UV8 | 98,08 | -0,51 | 1,48 | 96,71 | -1,35 | 2,35 | 97,07 | -0,16 | 3,23 |
| F3 + UV11 | 97,64 | -0,30 | 1,45 | 96,11 | -0,97 | 2,48 | 96,57 | -0,25 | 3,79 |
| F3 + UV15 | 97,88 | -0,77 | 1,62 | 96,02 | -1,22 | 3,04 | 96,09 | -0,29 | 4,96 |

Quadro 13 – Variação de *L*, *a*, e *b* da mistura de caulino calcinado e dióxido de titânio durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|------|------|-------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|
| | Alphatex + GCC + B72 | | | Alphatex + GCC + Medium | | | Alphatex + GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 96,49 | 0,48 | 1,67 | 94,78 | 1,50 | 1,66 | 95,90 | 1,62 | 2,19 |
| Foco 1 | 96,19 | 0,77 | 1,55 | 95,17 | 1,39 | 1,72 | 95,83 | 1,37 | 1,79 |
| Foco 3 | 96,19 | 0,89 | 1,57 | 95,86 | 0,87 | 1,96 | 95,67 | 1,36 | 1,86 |
| UV 1 | 96,97 | 0,57 | 1,58 | 93,88 | 1,07 | 2,45 | 94,29 | 1,22 | 2,82 |
| UV 3 | 96,26 | 0,65 | 1,50 | 94,92 | 0,81 | 2,40 | 93,52 | 1,05 | 3,23 |
| F3 + UV1 | 96,57 | 0,55 | 1,69 | 94,76 | 0,55 | 2,52 | 95,78 | 0,87 | 2,97 |
| F3 + UV 3 | 96,07 | 0,64 | 1,73 | 95,01 | 0,82 | 2,50 | 95,78 | 0,81 | 3,59 |
| F3 + UV6 | 95,85 | 0,50 | 1,81 | 94,41 | 0,97 | 2,53 | 95,25 | 0,21 | 3,89 |
| F3 + UV8 | 95,92 | 0,69 | 1,80 | 94,67 | 1,05 | 2,44 | 95,34 | 0,34 | 4,28 |
| F3 + UV11 | 95,90 | 0,44 | 1,84 | 94,67 | 0,93 | 2,23 | 95,43 | 0,22 | 4,26 |
| F3 + UV15 | 95,97 | 0,69 | 1,94 | 94,78 | 0,93 | 2,69 | 95,20 | 0,46 | 5,17 |

Quadro 14 – Variação de *L*, *a*, e *b* da mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz C | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------|-------|------|---------------------------------|-------|------|-------------------------------------|-------|------|
| | TiO ₂ + GCC + B72 | | | TiO ₂ + GCC + Medium | | | TiO ₂ + GCC + V. Retoque | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b |
| Padrão | 97,98 | 0,39 | 1,52 | 96,71 | 0,25 | 1,31 | 97,02 | 0,27 | 1,22 |
| Foco 1 | 96,30 | 0,28 | 1,32 | 96,90 | -0,17 | 1,75 | 96,71 | -0,06 | 1,47 |
| Foco 3 | 98,10 | 0,16 | 1,40 | 96,25 | -0,16 | 1,54 | 96,82 | 0,19 | 1,63 |
| UV 1 | 97,89 | -0,22 | 1,50 | 96,71 | -0,24 | 1,75 | 96,32 | -0,21 | 1,64 |
| UV 3 | 97,84 | -0,04 | 1,65 | 96,82 | -0,36 | 1,92 | 96,64 | -0,13 | 1,86 |
| F3 + UV1 | 97,38 | 0,05 | 1,46 | 96,92 | -0,29 | 1,86 | 95,99 | -0,24 | 1,59 |
| F3 + UV 3 | 97,71 | 0,07 | 1,54 | 95,95 | 0,20 | 1,69 | 96,32 | -0,52 | 2,11 |
| F3 + UV6 | 97,45 | 0,11 | 1,49 | 95,92 | -0,18 | 1,85 | 95,92 | -0,61 | 2,42 |
| F3 + UV8 | 97,50 | -0,13 | 1,52 | 95,45 | -0,28 | 2,21 | 95,59 | -1,01 | 3,21 |
| F3 + UV11 | 97,31 | 0,04 | 1,69 | 95,04 | -0,24 | 2,36 | 95,27 | -1,10 | 3,79 |
| F3 + UV15 | 97,47 | 0,11 | 1,70 | 95,31 | -0,47 | 2,74 | 95,06 | -1,05 | 4,98 |

Quadro 15 – Variação de *L*, *a* e *b* da mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural durante o envelhecimento.

| | Luz C | | |
|-----------|-------|------|------|
| | Tubo | | |
| | L | a | b |
| Padrão | 93,61 | 1,56 | 1,92 |
| Foco 1 | 92,70 | 0,87 | 2,98 |
| Foco 3 | 92,81 | 1,07 | 3,34 |
| UV 1 | 93,58 | 0,48 | 3,20 |
| UV 3 | 92,57 | 0,48 | 3,83 |
| F3 + UV1 | 93,04 | 0,57 | 3,74 |
| F3 + UV 3 | 93,43 | 0,28 | 4,63 |
| F3 + UV6 | 92,95 | 0,37 | 4,45 |
| F3 + UV8 | 92,77 | 0,10 | 5,08 |
| F3 + UV11 | 92,05 | 0,31 | 5,31 |
| F3 + UV15 | 91,01 | 0,18 | 8,68 |

Quadro 16 – Variação de *L*, *a* e *b* do pigmento comercial (Tubo) durante o envelhecimento.

| | Luz C | | |
|-----------|-------|------|------|
| | Cré | | |
| | L | a | b |
| Padrão | 89,67 | 0,95 | 7,58 |
| Foco 1 | 89,96 | 0,37 | 7,00 |
| Foco 3 | 89,96 | 0,70 | 6,74 |
| UV 1 | 89,87 | 0,56 | 7,01 |
| UV 3 | 90,24 | 0,59 | 6,91 |
| F3 + UV1 | 90,15 | 0,38 | 6,83 |
| F3 + UV 3 | 89,78 | 0,36 | 7,04 |
| F3 + UV6 | 89,74 | 0,36 | 7,01 |
| F3 + UV8 | 89,78 | 0,16 | 7,11 |
| F3 + UV11 | 89,81 | 0,10 | 7,37 |
| F3 + UV15 | 89,81 | 0,76 | 7,68 |

Quadro 17 – Variação de *L*, *a* e *b* da preparação branca (Cré) durante o envelhecimento.

5.5. Microscopia electrónica de varrimento (SEM).

Após a análise macroscópica das amostras, da sua estrutura (5.2.) e alterações (5.3. e 5.4.) - expressas graficamente através do estudo da variação do grau de brancura (Anexo 1), a observação dos pigmentos no microscópio electrónico de varrimento permitiu o estudo das alterações ocorridas, a nível microscópico, antes e depois dos testes de envelhecimento. Contrariamente às análises anteriores o estudo incidiu nos pigmentos e misturas aglutinados em *medium* para restauro, escolha baseada no facto de se tratar de um ligante utilizado em reintegração cromática.

Partindo da análise macroscópica das amostras e apesar de alguns dos resultados finais apresentarem características satisfatórias quanto à cor, textura e coesão entre camadas, estes resultados não reflectem as dificuldades de aplicação de alguns dos pigmentos e misturas. O pigmento que revela maior dificuldade de aplicação, independentemente da mistura e ligantes envolvidos, é o caulino calcinado. As dificuldades são mais ou menos acentuadas dependendo do pigmento e do ligante em que se encontra misturado – a mistura com dióxido de titânio revela uma maior facilidade de aplicação, o que implica a utilização de uma elevada percentagem deste pigmento, na proporção de uma parte de caulino para três partes de titânio.

Uma primeira análise das microfotografias revela uma menor resolução de algumas das imagens referentes às amostras antes dos testes de envelhecimento. Este fenómeno deve-se à natureza orgânica do ligante, que interfere na leitura, sendo mais perceptível nas amostras que necessitam de uma maior quantidade de ligante, provocando uma menor resolução – mais evidente quando o dióxido de titânio está presente. (Figuras 49, 51 e 53). As imagens da direita apresentam uma maior resolução devido à degradação do ligante, que minimiza as interferências. Comum a todas as amostras é a perda de agregação das partículas; antes do envelhecimento agrupam-se em estruturas mais ou menos compactas e unidas entre si e após o envelhecimento, separam-se dentro das estruturas e entre elas, devido à degradação do ligante.

As dimensões das partículas e a forma como se encontram agregadas e distribuídas são um factor fundamental na caracterização do comportamento dos pigmentos. O caulino calcinado (Figuras 45 e 46) apresenta-se como o pigmento com uma maior distribuição espacial, com poucos espaços vazios, o que dificulta a mistura com o ligante, necessitando de uma maior quantidade para que atinja as características mínimas que permitam uma

correcta aplicação. A maior quantidade de ligante justifica o maior amarelecimento das amostras, só superado pelo pigmento comercial. As partículas possuem forma lamelar, de diferentes dimensões, não formando uma matriz homogénea - os aglomerados de pigmento, rodeados pelo ligante, encontram-se separados. Quando comparado com os restantes pigmentos é visível uma maior angulosidade das partículas. A amostra, após o envelhecimento, mantém uma percentagem de espaços vazios muito reduzida, sendo mais perceptível a geometria do pigmento, acentuando a sua irregularidade e a presença de partículas de menores dimensões.

O carbonato de cálcio natural (Figuras 47 e 48), mantém uma percentagem de vazio semelhante, antes e depois do envelhecimento, sendo superior ao caulino calcinado e inferior ao dióxido de titânio. A dimensão das partículas é irregular. É perceptível o total envolvimento das partículas pelo ligante, formando aglomerados e a existência de “pontes” entre eles. Após o envelhecimento os aglomerados permanecem, ocorrendo o desaparecimento das “pontes” de ligação.

Tal como referido anteriormente, as microfotografias do dióxido de titânio apresentam alguma interferência causada pela existência de uma película de ligante, uniforme e que envolve todas as partículas. A Figura 49, revela a presença de uma mistura homogénea, em que todo o pigmento se encontra envolvido em ligante. Após o envelhecimento, Figura 50, a percentagem de vazio aumenta, perde-se a homogeneidade da mistura, revelando as características das partículas. Estas apresentam um formato esférico, de dimensão regular, formando aglomerados unidos entre si através de pontos de contacto. Quando comparado com os restantes pigmentos, o dióxido de titânio possui as partículas de menor dimensão e as mais regulares, para além de serem as únicas de forma esférica. Este facto permite um melhor e mais homogéneo envolvimento com os ligantes e com outras partículas, o que se traduz numa maior facilidade de aplicação.

As Figuras 51 a 56, correspondem às diferentes misturas dos três pigmentos. As misturas basearam-se na trabalhabilidade individual de cada pigmento, onde factores como a facilidade de aplicação, o poder de cobertura e a homogeneidade, permitiram definir as proporções ideais. O objectivo foi o de complementar as propriedades de cada pigmento, permitindo melhorar as suas características. A mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) (Figuras 51 e 52), possui aspectos comuns aos dois pigmentos; antes do envelhecimento da amostra (Figura 51) é visível a existência de uma camada uniforme

de ligante que engloba a mistura, interferindo na resolução da imagem. Distinguem-se aglomerados de diferentes dimensões, com poucos vazios. Após o envelhecimento, a percentagem de vazio aumenta, permitindo distinguir aglomerados individuais e pontualmente os diferentes pigmentos envolvidos: partículas esféricas de dióxido de titânio, partículas de maior dimensão e irregulares de carbonato de cálcio. A distribuição é semelhante ao dióxido de titânio após o envelhecimento.

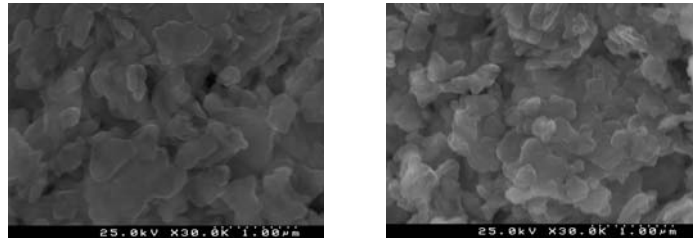
A mistura de dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25) (Figura 53), apresenta um aspecto muito semelhante ao do dióxido de titânio antes do envelhecimento (Figura 49), resultante da elevada percentagem de dióxido de titânio (75%) presente na mistura. Após os testes de envelhecimento (Figura 54), ainda se regista uma elevada percentagem de agregados, sendo mais perceptível o formato dos pigmentos presentes: esférico (dióxido de titânio) e partículas angulares (caulino calcinado). São pouco visíveis as características observadas nas Figuras 45 e 46 (caulino calcinado).

A mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75) (Figuras 55 e 56), é composta por uma matriz homogénea de caulino calcinado, sem vazios, notando-se uma separação das partículas de carbonato de cálcio, ligadas entre si através de pontos de contacto entre os aglomerados (Figura 55). Esta mistura possui características semelhantes ao dos pigmentos isolados antes do envelhecimento (Figuras 45 e 47). Após o envelhecimento ocorre um ligeiro aumento da percentagem de vazios, originado pela degradação do ligante e perda de contacto entre os agregados de carbonato de cálcio. A matriz de caulino sofre poucas alterações (Figura 56).

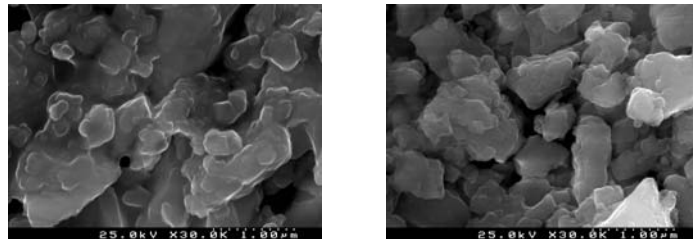
O pigmento comercial (Tubo) (Figuras 57 e 58), regista a interferência causada pela presença de um composto orgânico. Antes do envelhecimento (Figura 57), a percentagem de vazios é reduzida e inferior à do dióxido de titânio (Figura 49), apresentando um total envolvimento das partículas, sendo visível, pontualmente, a presença de relevos de forma esférica (dióxido de titânio) e relevos de geometria irregular, formas angulosas e dimensão superior (óxido de zinco, utilizado como extensor do pigmento). Após o envelhecimento (Figura 58) estes relevos tornam-se mais nítidos. .

As Figuras 59 e 60, correspondem à camada de preparação sobre a qual foram aplicados os diferentes pigmentos. É constituída por cré aglutinada em cola de coelho e água (1:12). Antes do envelhecimento (Figura 59) são visíveis aglomerados de grande dimensão, perfeitamente envolvidos no aglutinante, onde se misturam partículas de diferentes

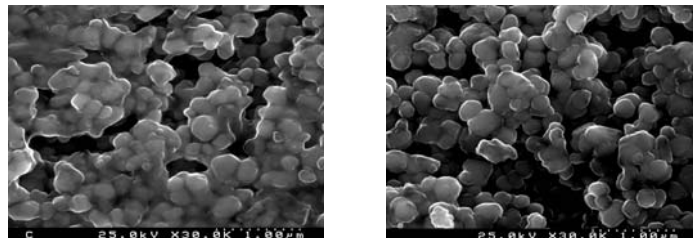
tamanhos; após o envelhecimento, alguns dos aglomerados separam-se, embora ainda subsista um grande número de elevada dimensão. Todas as partículas e aglomerados continuam perfeitamente envolvidos no ligante, apesar de se registar uma menor uniformização. A percentagem de vazio permanece constante.



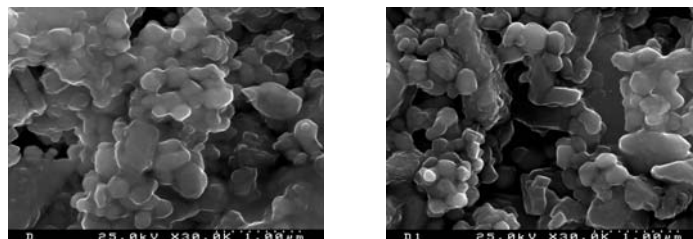
Figuras 45 e 46. SEM: caulino calcinado aglutinado em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



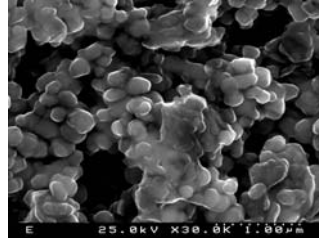
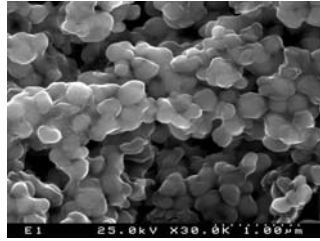
Figuras 47 e 48. SEM: carbonato de cálcio natural aglutinado em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



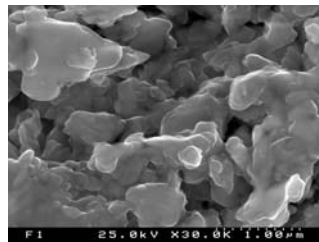
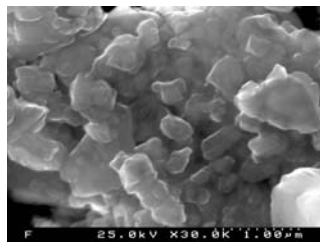
Figuras 49 e 50. SEM: dióxido de titânio aglutinado em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



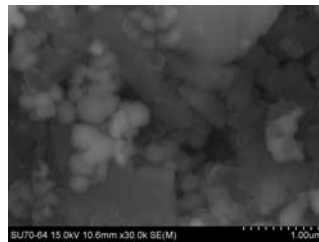
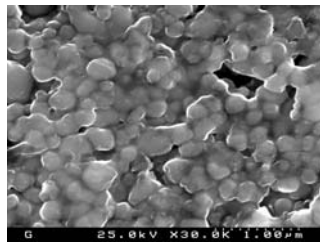
Figuras 51 e 52. SEM: dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



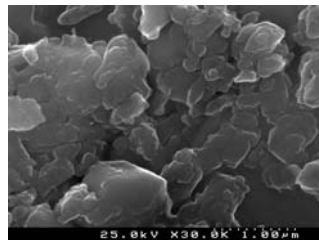
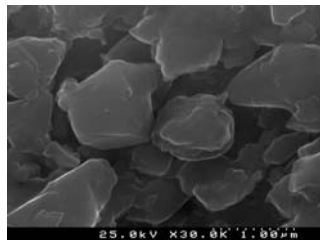
Figuras 53 e 54. SEM: dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25) aglutinados em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



Figuras 55 e 56. SEM: caulino calcinado e carbonato de cálcio natural (25:75) aglutinados em medium para restauro, antes e depois dos testes de envelhecimento.



Figuras 57 e 58. SEM: pigmento comercial, antes e depois dos testes de envelhecimento.



Figuras 59 e 60. SEM: camada de preparação, antes e depois dos testes de envelhecimento.

3.7. Difrakção de raios-X. (XRD)

A difracção de raios-X, permite obter um conjunto de informações quanto à qualificação, caracterização e quantificação dos minerais, através da sua estrutura cristalina. A análise é feita através da interpretação dos picos presentes nos difractogramas. Esta técnica apenas analisa os minerais cristalinos. Foram analisados o carbonato de cálcio natural (GCC), o dióxido de titânio (TiO_2), o caulino calcinado (Alphatex) e o pigmento comercial (Tubo). A difracção foi efectuada para a mistura pigmento/*medium* para restauro, com o objectivo de caracterizar os pigmentos.

Tal como referido, esta técnica apenas permite analisar compostos cristalinos, o que não é o caso da totalidade dos pigmentos seleccionados. O caulino calcinado não possui uma estrutura cristalina, tratando-se de um composto amorfo; a sua difracção permitiu servir de padrão para as restantes amostras, pois através dos resultados obtidos foi possível distinguir quais os picos do ligante. Efectuou-se a difracção do pigmento comercial para caracterização dos minerais presentes na sua composição.

Os difractogramas obtidos são interpretados qualitativamente com o apoio do ficheiro ASTM e fichas de identificação. Na tabela estão indicados os principais dados utilizados na identificação dos minerais analisados. Os valores indicados para o ligante, baseiam-se apenas na análise dos resultados obtidos no difractograma do caulino calcinado, servindo como referência para identificação dos picos presentes no dióxido de titânio e carbonato de cálcio. Não são valores válidos para interpretação do difractograma do pigmento comercial.

A caracterização é efectuada através da análise dos valores de espaçamento de difracção característicos.

| Mineral. | Espaçamento de difracção característico. (Å) | |
|------------------------------|---|------------------|
| | Máximo. | Outros. |
| Calcite III. | 3.02 | 2.81; 3.57 |
| Óxido de zinco. (Zincite) | 2.48 | 2.82; 2.60 |
| Dióxido de titânio. (Rútilo) | 3.25 | 1.69; 2.49 |
| Ligante. | | |
| Medium para restauro. | 3.05 | 2.29; 2.51; 3.89 |

Quadro 18: Valores de espaçamento característicos. (DRX)

A análise do difractograma do caulino calcinado (Figura 61), definiu quais os picos que pertencem ao ligante. Partindo desta identificação, na interpretação do difractograma do carbonato de cálcio natural (Figura 62), identificou-se a presença de calcite, através dos seus três picos característicos, sendo o pico mais intenso coincidente com o pico máximo do ligante (3.02/3.05). O difractograma do dióxido de titânio (Figura 63), registra a variedade rútilo, como estando presente no pigmento em estudo e tal como anteriormente um dos picos do mineral é coincidente com o do ligante, mas não no seu máximo (2.49/2.51). Este mineral apresenta picos muito intensos.

O pigmento comercial (Tubo), refere na sua composição a presença de dióxido de titânio e óxido de zinco. O difractograma (Figura 64), apresenta dois picos muito intensos com os valores de 3.27 e 2.51. O primeiro é característico da variedade rútilo (dióxido de titânio), a que corresponde o valor máximo de espaçamento de 3.25; o segundo valor encontra-se próximo de um dos outros valores de espaçamento do rútilo (2.49). Os picos com os valores de 2.83 e 2.62, correspondem ao óxido de zinco, na sua variedade de zincite (sistema hexagonal). Os outros dois picos presentes deverão corresponder à interferência do ligante presente na composição da tinta e que não se encontra especificado pelo fabricante.

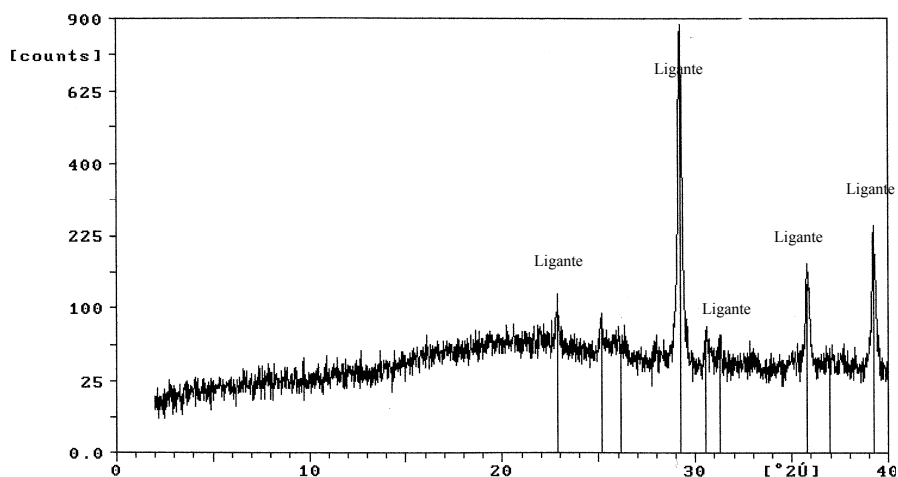


Figura 61: Difractograma do caulino calcinado.

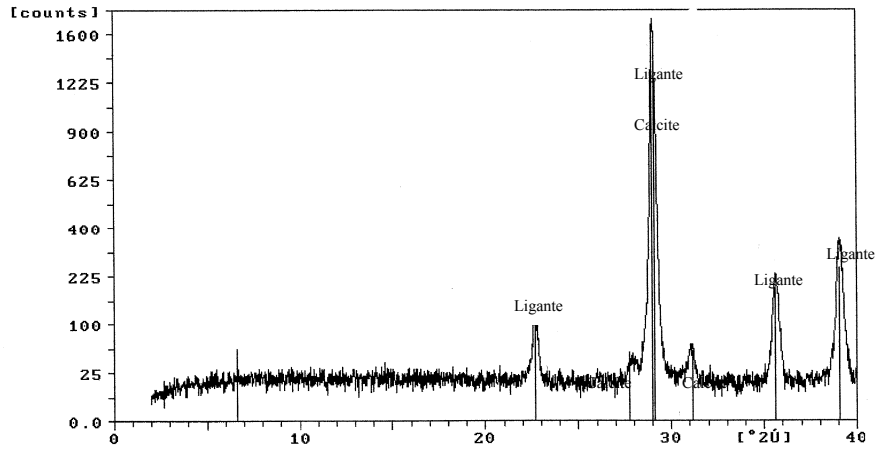


Figura 62: Difractograma do carbonato de cálcio natural (GCC).

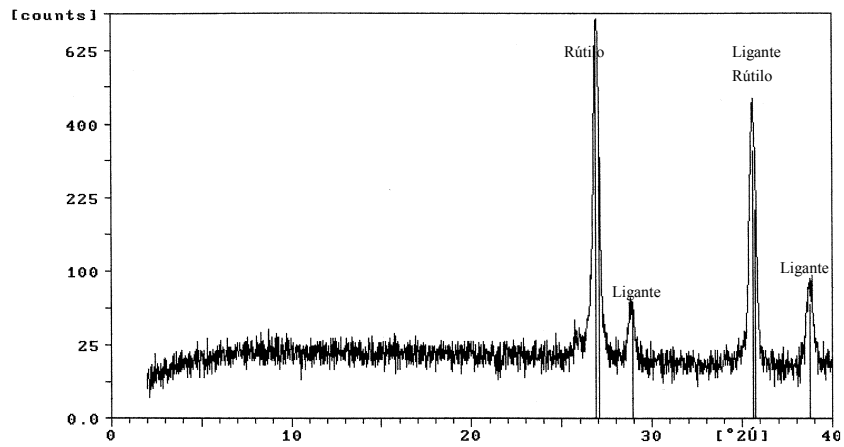


Figura 63: Difractograma do dióxido de titânio.

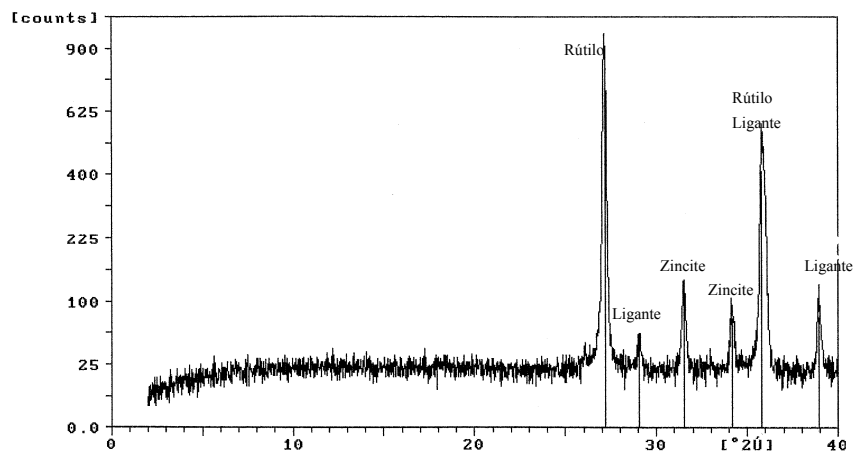


Figura 64: Difractograma do pigmento comercial (Tubo).

5.7. Discussão dos resultados.

Os resultados obtidos nos diferentes testes realizados, reflectem o comportamento dos pigmentos e das misturas, tendo como comparação o pigmento comercial. Sujeitou-se ainda uma amostra da camada de preparação a todos os exames, de forma a inferir qual o seu grau de influência sobre a camada cromática. Após a análise dos resultados foi possível concluir que esta não apresenta qualquer interferência nos resultados obtidos, possuindo um comportamento praticamente constante, registando-se apenas uma muito ligeira variação quanto ao seu grau de brancura. As suas características físicas permanecem inalteráveis, possuindo uma boa agregação ao suporte e à generalidade das camadas de policromia.

O pigmento comercial (Tubo), foi o que apresentou uma maior alteração, facilmente perceptível quando concluídos os testes de envelhecimento. A alteração do ligante, por influência do calor (lâmpadas de halogéneo) e da radiação ultravioleta, originou quebra de ligações e conseqüente alteração física, reflectida no seu forte amarelecimento e no destacamento da camada cromática. Ocorreu ainda a formação de uma rede muito fina de *craquelés*, tornando eminente o risco de perda de material, visível no corte estratigráfico, onde se registam lacunas pontuais. Apesar de se tratar de um pigmento criado especificamente para reintegração cromática, o somatório dos resultados aponta para uma alternativa pouco viável pois, quando sujeito a condições ambientais extremas, foi o pigmento que mais alterações sofreu.

A variação do grau de brancura, após os testes de envelhecimento, foi registada graficamente, convertendo matematicamente os valores obtidos, de forma a analisar as alterações. As leituras realizaram-se sob Luz A e Luz C. Os valores expressam-se nas três variáveis L , a e b , em que L corresponde aos valores de luminosidade, variando de 100 para branco, a 0 para preto; a representa a variação vermelho/verde (+-) e b , a variação amarelo/azul (+-). A análise global dos resultados confirma a tendência para a diminuição dos valores de L e de a . A leitura de b , apresenta um comportamento misto quando analisado sob radiação A, mas uma constância de comportamento quando analisado sob radiação C: aumento do valor final. A leitura gráfica confirma a análise visual da alteração, registando as maiores e menores amplitudes, para o pigmento comercial (Tubo) e para a amostra da camada de preparação (Cré), respectivamente. Dos restantes pigmentos aquele que apresenta uma maior amplitude de valores é o caulino calcinado (Alphatex), amplitude

que diminui quando adicionado ao carbonato de cálcio natural ou ao dióxido de titânio. A mistura que apresenta uma maior amplitude é a de dióxido de titânio e caulino calcinado (75:25); a mistura de dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural (25:75) apresenta amplitudes superiores à dos pigmentos isolados.

No geral, todos os pigmentos e misturas, possuem um bom poder de coesão e de adesão à camada de preparação, no entanto, o facto de não permitirem a obtenção de diferentes texturas com alguma facilidade, limita a sua aplicação como pigmento de reintegração. Este factor limitante encontra-se presente na mistura de caulino calcinado e carbonato de cálcio natural, reflectindo a dificuldade de aplicação em superfícies com maior extensão, devido à sua elevada viscosidade e tendência para criar aglomerados.

A análise da superfície regista texturas distintas, mas bastante uniformes na generalidade das amostras. A estratigrafia aponta para uma variação da espessura da camada cromática entre 40 e 130 μm , correspondendo o valor mínimo ao pigmento comercial e ao dióxido de titânio e o máximo ao caulino calcinado. O valor médio é de 65 μm . A camada de preparação apresenta uma espessura de 800 μm . O dióxido de titânio é o pigmento que possui partículas de menor dimensão e formato esférico, o que permite o envolvimento total das partículas pelo ligante, tornando mais fácil a aplicação da tinta sobre a preparação. O somatório de todos estes factores reflecte-se na grande facilidade em obter superfícies muito finas e opacas, bem como na facilidade de aplicação das tintas com dióxido de titânio na sua composição, como é o caso do pigmento comercial.

A observação por microscopia electrónica de varrimento analisou o comportamento das diferentes amostras antes e depois dos testes de envelhecimento. O estudo apenas se efectuou para um dos aglutinantes (medium), pois o principal objectivo foi o de caracterizar o comportamento dos pigmentos e a sua forma de distribuição. Tal como referido, a forma das partículas tem uma grande influência na facilidade de aplicação da tinta, bem como na compatibilidade pigmento/ligante que permite o maior ou menor envolvimento das partículas, facilitando a aplicação. O dióxido de titânio é o pigmento que possui partículas com a forma mais adequada para uma fácil aplicação, registando ainda uma total compatibilidade pigmento/ligante, visível nas imagens obtidas por microscopia electrónica de varrimento, onde se regista a formação de um filme que envolve homogeneamente o pigmento, preenchendo os vazios, o que confere uma maior

trabalhabilidade à mistura, facilitando a sua aplicação. Esta uniformização é visível em todas as misturas onde o dióxido de titânio está presente.

O caulino calcinado, devido à sua estruturação em aglomerados, não permite uma homogeneização da mistura, para além de revelar uma menor compatibilidade pigmento/ligante, o que resulta numa maior dificuldade de aplicação.

A característica comum a todas as amostras é a perda de agregação das partículas após os testes de envelhecimento, onde as estruturas que inicialmente se encontravam mais ou menos envolvidas se separam, criando uma maior percentagem de vazios. Este fenómeno resulta da degradação do ligante.

A difracção de raios-X permitiu identificar os minerais presentes nas diferentes amostras. Utilizando o difractograma do caulino calcinado – composto inerte – foi possível a identificação dos picos pertencentes ao ligante. Partindo desta identificação e por exclusão de partes, os diferentes picos corresponderiam aos minerais presentes. Identificou-se a presença de calcite III, no difractograma do carbonato de cálcio natural. O carbonato de cálcio é polimórfico e existem pelo menos cinco modificações, os dois polimorfos geralmente encontrados na natureza são a calcite e a aragonite, além disso, conhecem-se duas formas sintéticas que existem apenas em altas pressões, a calcite II e a calcite III (Deer, 2000, 637), esta última é a variedade presente no pigmento testado. O difractograma do dióxido de titânio permitiu identificar a existência da variedade rútilo e o difractograma do pigmento comercial os minerais rútilo e zincite. O titânio ocorre na natureza em vários minerais: ilmenite (FeTiO_3), rútilo (TiO_2), anatase (TiO_2) e leucoxena ($\text{TiO}_2 \cdot x\text{FeO} \cdot y\text{H}_2\text{O}$), sendo os dois primeiros os mais importantes na produção do pigmento. (Velho, 2003, 50) O rútilo é a forma de dióxido de titânio mais frequente na natureza, cristalizando no sistema tetragonal. A zincite é uma variedade de óxido de zinco, sendo raro o seu aparecimento na natureza na sua forma cristalina, com excepção de explorações nos Estados Unidos. Possui uma estrutura hexagonal e a sua cor depende das impurezas presentes. A zincite possui na sua composição zinco, manganésio e oxigénio; o mineral extraído nos Estados Unidos, possui também ferro na sua formulação²². A zincite pode ser produzida artificialmente, no entanto a diferenciação do mineral natural e sintético não é possível realizar com os difractogramas obtidos, pois os picos de caracterização encontram-se para além da leitura realizada dos $40\ 2\Theta$.

²² <http://www.mindat.org/min-4410.html> (2007)

6. Conclusões e perspectivas de desenvolvimento.

6.1 Conclusões.

O carbonato de cálcio natural (GCC), utilizado em conservação e restauro mais correntemente como carga, nomeadamente na composição da camada de preparação, revelou-se ao longo do trabalho, como um pigmento com potencialidade de aplicação na reintegração de policromias. O facto de apresentar uma brancura e trabalhabilidade ligeiramente inferiores ao dióxido de titânio – o pigmento com valores máximos nestas duas características – é facilmente superado quando se procede à mistura dos dois pigmentos. Contrariamente ao que acontece nos pigmentos comerciais, neste caso o dióxido de titânio será o extensor da mistura. Verifique-se o caso do pigmento comercial (Tubo) – tinta de retoque Maimeri – onde o óxido de zinco é utilizado como extensor do dióxido de titânio.

Ao proceder-se à mistura dos dois pigmentos – carbonato de cálcio natural e dióxido de titânio – numa proporção de três para um, são melhoradas as suas características individuais: um aumento do grau de brancura quando comparado com o carbonato de cálcio isolado, que compensa a diminuição do valor do dióxido de titânio e um aumento da trabalhabilidade do carbonato de cálcio natural. Para uma quantidade de dióxido de titânio equivalente à da mistura seria necessário adicionar uma maior quantidade de ligante, o mesmo acontece ao adicionarmos um outro pigmento; para uma mesma quantidade de dióxido de titânio e da mistura, seria necessária uma maior adição de pigmento ao titânio para conseguir a mesma saturação da cor.

O dióxido de titânio, devido à reduzida dimensão e à forma esférica das suas partículas, necessita de uma maior quantidade de ligante e pigmento. Este primeiro aspecto está patente nas imagens de microscopia electrónica, onde a presença de material orgânico – ligante – causa muita interferência. Ao efectuar a mistura com carbonato de cálcio natural estes aspectos são superados.

Qualquer um dos pigmentos (dióxido de titânio e carbonato de cálcio natural), possui um elevado grau de miscibilidade com os ligantes utilizados – Paraloid B72® a 3% em xileno, *medium* para restauro e verniz de retoque. Tal como verificado através da análise dos testes de envelhecimento e da variação do grau de brancura, a mistura com Paraloid B72® é a que apresenta uma maior estabilidade, com variações pouco perceptíveis quando analisado à vista desarmada. A mistura com verniz de retoque, apesar de apresentar uma maior

miscibilidade com os pigmentos e uma maior facilidade de aplicação, principalmente na criação de superfícies lisas, apresenta uma maior alteração da cor, devido ao amarelecimento do ligante. A análise estratigráfica da mistura confirma o bom poder de coesão entre as partículas e entre estas e a camada de preparação. Em todos os exames efectuados esta mistura é a que apresenta um comportamento geral positivo.

Quanto à trabalhabilidade dos pigmentos, estes possuem uma fácil miscibilidade e aplicação, tanto a pincel como a espátula, permitindo a criação de superfícies lisas, texturadas ou grandes empastes. Estas possibilidades permitem a sua aplicação não só como pigmento na reintegração de policromias, como a sua utilização na mimetização de superfícies irregulares servindo como base de aplicação de outros pigmentos. A textura da policromia a reintegrar poderá ser recriada recorrendo, se necessário, a moldes.

Para além do potencial da mistura na reintegração de obras de arte – antigas ou contemporâneas – devido à sua total compatibilidade com os pigmentos originais, não se verificando qualquer interacção ou alteração de características, a mistura apresenta potencialidade de aplicação em arte contemporânea, permitindo criar diferentes texturas, com ou sem adição de outros pigmentos, podendo ainda funcionar como base de trabalho ou como pigmento.

6.2 Perspectivas de desenvolvimento.

Apesar da indústria que produz material para pintura se encontrar bastante desenvolvida, não deixa de ser interessante para o conservador-restaurador, a oportunidade que esta e outras indústrias proporcionam de criar uma cor ou tinta em particular, destinada à solução de um problema específico. No entanto, este aspecto poderá ser aplicado para além de uma área tão específica como o restauro de obras de arte, o estudo das características e propriedades dos pigmentos poderá fazer renascer uma área que foi esquecida com o avanço da industrialização, os artistas actuais poderão voltar a produzir as suas próprias cores, trabalhando-as de acordo com o resultado a obter. Não se trata de uma novidade esta interacção entre a indústria e a arte na procura de cores “ideais”. Um exemplo é o pintor Yves Klein (1928-1962), que procurou o efeito visual do pigmento puro nos seus quadros monocromáticos e que só após várias tentativas e diversos materiais encontrou a solução para o seu problema, desenvolvendo um azul ultramarino extremamente saturado, luminoso, de uma presença total, “a mais perfeita expressão do azul”. O pigmento era o

resultado de um ano inteiro de experiências, realizadas em colaboração com o químico parisiense Edouard Adam (Weitemeier, 2004, 15). As “*Monocromias Azuis*” são actualmente consideradas a verdadeira essência da pintura monocromática do século XX. O artista protegeu a sua invenção denominada *IKB*, através do registo da patente “*International Klein Blue*”; tratou-se de um gesto de sábia prudência pois foi com este azul que o pintor se viria a tornar famoso e a conquistar o mundo (Weitemeier, 2004, 19). Mais recentemente esta colaboração entre artistas, fabricantes de materiais, conservadores-restauradores, técnicos e outros especialistas, é visível na procura por parte de alguns artistas de materiais que permitam prolongar o tempo de vida dos materiais utilizados nas mais recentes manifestações artísticas.

Os resultados obtidos foram positivos e o objectivo inicial foi cumprido, no entanto, caberá às indústrias de tintas a continuação deste trabalho e a análise do seu potencial enquanto nicho de produção. Será necessário tornar rentável o fabrico, procurando formulações que permitam comercializar o pigmento enquanto produto pronto a aplicar, evitando o processo de preparação da cor – embora possa existir essa possibilidade, o que permitiria uma maior versatilidade de aplicação. A utilização do dióxido de titânio como extensor torna o processo mais apelativo, tanto em termos de custo como de produção, pois o carbonato de cálcio natural é muito abundante em Portugal, sendo necessário encontrar a variedade e a granulometria mais adequadas.

7. Bibliografia.

Adhesives and Coatings, 1996, Science for conservators, Conservation Science Teaching Series, Volume 3, The Conservation Unit of Museums & Galleries Commission in conjunction with Routledge London and New York.

An Introduction to Materials, 1996, Science for conservators, Conservation Science Teaching Series, Volume 1, The Conservation Unit of Museums & Galleries Commission in conjunction with Routledge London and New York.

BRANDI, Cesare, 2006, *Teoria do Restauro*, Edições Orion.

CALVO, Ana, 2003, *Conservación y Restauración - Materiales técnicas y procedimientos – De la A a la Z*, Ediciones del Serbal.

CASAZZA, Ornella, 1981, *Il restauro pittorico nell'unità di metodologia*, Nardini Editore, Firenze.

COSTA, J. B., 2001, *Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico*, 10ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

CRETTEZ, Jean-Pierre, HARDEBERG, John Yngve, 1999, *Analyse colorimétrique des peintures: étude comparative de trois tableaux de J. B. Corot*; pp.52–60 - TECHNE – La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations – Numéro 9-10 – Couleur et perception – Centre de recherche et de restauration des musées de France – CNRS – UMR 171

CROOK, J., LEARNER, T., 2000, *The impact of modern paints*, Tate Gallery Publishing, London.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J., 2000, *Minerais constituintes das rochas – Uma introdução*, 2ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

DOMÉNECH CARBÓ, M. T., YUSÁ MARCO, D. M., 2006, *Aproximación al análisis instrumental de pigmentos procedentes de obras de arte*, Editorial Universidad Politécnica de Valência.

GARCIA, P., 1993, *Le Métier du Peintre*, Dessain et Tolra, Paris.

GOMES, C. F., 1998, *Argilas – O que são e para que servem*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

HARLEY, R. D., 1982, *Artists' Pigments c.1600-1835, A Study in English Documentary Sources*, Technical Studies in the Arts, Archaeology and Architecture, Butterworth Scientific, Second Edition.

Investigación en conservación y restauración, II Congreso del GEIIC, 9, 10 y 11 de Noviembre de 2005, Barcelona, pp.169-207

LOURENÇO, A., MARTINEZ, J., 2006, *Conservation of a polychrome wooden sculpture – methodology and criteria in academic context*, International Seminar – Theory and Practice in Conservation – a tribute to Cesare Brandi – Proceedings, National Laboratory of Civil Engineering, Lisbon, pp.371-375.

MANGORRINHO, M. A., *Sebenta de Conservação e Restauro V, Pintura de Cavalete*, Ano Lectivo 1998/1999 – Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia, Curso de Tecnologia em Conservação e Restauro

MASSCHELEIN-KLEINER, L., 1991, *Les solvants*. Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles.

MATTEINI, M., MOLLES, A; 1998, *La Chimica nel Restauro - I materiali dell' arte pittorica*; Nardini Editore, Firenze.

NICOLAUS, Knut, 1998, *Manual de Restauración de Cuadros*, Konemann.

Painting Conservation Catalog, Varnishes and Surface Coatings, Volume 1, Wendy Samet, Compiler, The Painting Specialty Group of The American Institute for Conservation, U.S:A., 1998.

PIVA, Gino, 1996, *Manuale Pratico di Tecnica Pittorica*, Quinta Edizione, Editore Ulrico Hoepli, Milano.

ROQUE, G., 1999, *Quelques préalabes à l'analyse des couleurs en peinture*; pp.40-51; TECHNE – La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations – Numéro 9-10 – Couleur et perception – Centre de recherche et de restauration des musées de France – CNRS – UMR 171

SMITH, R., 2003, *Manual Prático do Artista, Equipamentos, Materiais, Procedimentos, Técnicas*, Editora Civilização.

VELHO, J. L., 2006, *Os Recursos Minerais - Uma visão geo-histórica*, Palimage Editores, Viseu.

VELHO, J. L., 2003, *Mineral fillers for paper – Why, what, how*, TECNICELPA, Tomar.

VELHO, J. L., 1993, *Caracterização, beneficiação e avaliação de caulinos portugueses para a indústria do papel*, Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Geociências, especialidade de Mineralogia.

WEITEMEIER, H., 2004, *KLEIN*, Edição Taschen Público.

WERNER, J., RATLIFF, F., 1999, *Some Origins of the Lightness and Darkness of Colors – in the Visual Arts and in the Brain*; pp.61-73 - TECHNE – La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations – Numéro 9-10 – Couleur et perception – Centre de recherche et de restauration des musées de France – CNRS – UMR 171.

Webliografia:

<http://etext.library.adelaide.edu.au/b/bacon/francis/organon/chapter1.html> (05/06/2007)

<http://www.ima-eu.org/en/talcwhat.html> (07/09/2006)

<http://www.lefranc-bourgeois.com> (18/05/2007)

<http://www.mindat.org/min-4410.html> (06/06/2007)

<http://www.mineralstech.com> (07/09/2006)

<http://www.paperloop.com> (07/09/2006)

<http://www.specialchem4polymers.com> (07/09/2006)

<http://www.webexhibits.org/pigments> (07/09/2006)

Anexo 1

1. Análise da variação do grau de brancura.

Método Hunter-L.a.b.

1.1. Luz A.

Luz A (80,3:87,6:29,0)

L-a-b padrão= 28,3931

TiO₂ + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 94,50 | 104,77 | 33,73 | 97,21 | 22,25 | 47,47 | 9,70 | 96,80 | 7,60 | 4,57 | 3,93 |
| Foco 1 | 93,87 | 104,03 | 33,47 | 96,88 | 22,12 | 47,34 | 9,33 | 96,59 | 7,27 | 4,44 | 3,80 |
| Foco 3 | 94,97 | 105,30 | 33,83 | 97,45 | 22,34 | 47,63 | 10,00 | 96,79 | 7,84 | 4,66 | 4,09 |
| UV 1 | 95,03 | 105,07 | 33,73 | 97,49 | 21,78 | 47,72 | 9,82 | 98,54 | 7,88 | 4,10 | 4,18 |
| UV 3 | 94,87 | 105,10 | 33,70 | 97,40 | 22,16 | 47,67 | 9,89 | 97,10 | 7,79 | 4,48 | 4,13 |
| F3 + UV1 | 94,93 | 105,17 | 33,73 | 97,43 | 22,16 | 47,68 | 9,92 | 97,21 | 7,82 | 4,48 | 4,14 |
| F3 + UV 3 | 95,17 | 105,40 | 33,77 | 97,55 | 22,14 | 47,77 | 10,04 | 97,38 | 7,94 | 4,46 | 4,23 |
| F3 + UV6 | 94,80 | 105,03 | 33,63 | 97,37 | 22,17 | 47,67 | 9,87 | 96,93 | 7,76 | 4,49 | 4,13 |
| F3 + UV8 | 94,30 | 104,37 | 33,43 | 97,11 | 21,90 | 47,56 | 9,50 | 97,36 | 7,50 | 4,22 | 4,02 |
| F3 + UV11 | 94,13 | 104,37 | 33,50 | 97,02 | 22,22 | 47,44 | 9,53 | 96,35 | 7,41 | 4,54 | 3,90 |
| F3 + UV15 | 94,10 | 104,27 | 33,37 | 97,01 | 22,10 | 47,51 | 9,49 | 96,48 | 7,40 | 4,42 | 3,97 |
| | 94,76 | 104,98 | 33,71 | 97,35 | 22,14 | 47,61 | 9,81 | 97,20 | 7,74 | 4,46 | 4,07 |

TiO₂ + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 95,70 | 105,53 | 33,83 | 97,83 | 21,37 | 47,97 | 10,04 | 100,33 | 8,22 | 3,69 | 4,43 |
| Foco 1 | 95,03 | 104,80 | 33,57 | 97,49 | 21,30 | 47,82 | 9,67 | 99,90 | 7,88 | 3,62 | 4,28 |
| Foco 3 | 96,10 | 105,73 | 33,87 | 98,03 | 20,97 | 48,14 | 10,14 | 101,86 | 8,42 | 3,29 | 4,60 |
| UV 1 | 94,10 | 103,70 | 33,20 | 97,01 | 21,06 | 47,61 | 9,09 | 99,79 | 7,40 | 3,38 | 4,07 |
| UV 3 | 94,23 | 103,70 | 33,17 | 97,07 | 20,80 | 47,69 | 9,10 | 100,64 | 7,46 | 3,12 | 4,15 |
| F3 + UV1 | 92,93 | 102,13 | 32,73 | 96,40 | 20,41 | 47,35 | 8,25 | 100,88 | 6,79 | 2,73 | 3,81 |
| F3 + UV 3 | 94,97 | 104,70 | 33,40 | 97,45 | 21,24 | 47,89 | 9,65 | 99,73 | 7,84 | 3,56 | 4,35 |
| F3 + UV6 | 95,20 | 104,93 | 33,30 | 97,57 | 21,22 | 48,06 | 9,82 | 99,62 | 7,96 | 3,54 | 4,52 |
| F3 + UV8 | 94,57 | 104,27 | 33,00 | 97,25 | 21,21 | 47,95 | 9,50 | 98,91 | 7,64 | 3,53 | 4,41 |
| F3 + UV11 | 94,57 | 104,33 | 33,00 | 97,25 | 21,33 | 47,95 | 9,54 | 98,48 | 7,64 | 3,65 | 4,41 |
| F3 + UV15 | 93,67 | 103,43 | 32,43 | 96,78 | 21,40 | 47,88 | 9,17 | 96,87 | 7,17 | 3,72 | 4,34 |
| | 94,72 | 104,33 | 33,40 | 97,33 | 21,02 | 47,78 | 9,42 | 100,45 | 7,72 | 3,34 | 4,24 |

TiO₂ + V. Retoque

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 97,33 | 107,47 | 34,50 | 98,66 | 21,79 | 48,33 | 11,03 | 100,53 | 9,05 | 4,11 | 4,79 |
| Foco 1 | 96,77 | 107,07 | 34,23 | 98,37 | 22,13 | 48,23 | 10,89 | 98,65 | 8,76 | 4,45 | 4,69 |
| Foco 3 | 96,33 | 106,30 | 33,97 | 98,15 | 21,56 | 48,19 | 10,47 | 100,03 | 8,54 | 3,88 | 4,65 |
| UV 1 | 96,77 | 107,03 | 34,23 | 98,37 | 22,07 | 48,23 | 10,86 | 98,87 | 8,76 | 4,39 | 4,69 |
| UV 3 | 96,33 | 106,43 | 33,87 | 98,15 | 21,80 | 48,25 | 10,59 | 98,97 | 8,54 | 4,12 | 4,71 |
| F3 + UV1 | 96,13 | 105,77 | 33,83 | 98,05 | 20,97 | 48,17 | 10,17 | 101,80 | 8,44 | 3,29 | 4,63 |
| F3 + UV 3 | 95,67 | 105,80 | 33,70 | 97,81 | 21,92 | 48,04 | 10,27 | 98,10 | 8,20 | 4,24 | 4,50 |
| F3 + UV6 | 95,57 | 105,90 | 33,47 | 97,76 | 22,29 | 48,13 | 10,43 | 96,27 | 8,15 | 4,61 | 4,59 |
| F3 + UV8 | 95,07 | 105,20 | 33,07 | 97,50 | 21,96 | 48,14 | 10,09 | 96,48 | 7,89 | 4,28 | 4,60 |
| F3 + UV11 | 94,93 | 105,20 | 32,87 | 97,43 | 22,22 | 48,20 | 10,18 | 95,13 | 7,82 | 4,54 | 4,66 |
| F3 + UV15 | 93,83 | 104,30 | 32,00 | 96,87 | 22,68 | 48,22 | 9,98 | 91,46 | 7,26 | 5,00 | 4,68 |
| | 96,48 | 106,55 | 34,05 | 98,22 | 21,75 | 48,20 | 10,61 | 99,56 | 8,61 | 4,07 | 4,66 |

Alphatex + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,83 | 104,37 | 32,43 | 96,87 | 22,80 | 47,96 | 9,92 | 91,96 | 7,26 | 5,12 | 4,42 |
| Foco 3 | 93,70 | 104,17 | 32,40 | 96,80 | 22,69 | 47,91 | 9,79 | 92,26 | 7,19 | 5,01 | 4,37 |
| Novo (Padrão) | 89,50 | 99,73 | 31,20 | 94,60 | 22,62 | 46,67 | 7,69 | 89,16 | 4,99 | 4,94 | 3,13 |
| UV 1 | 87,93 | 98,43 | 30,77 | 93,77 | 23,27 | 46,19 | 7,46 | 85,64 | 4,16 | 5,59 | 2,65 |
| UV 3 | 89,53 | 99,43 | 31,20 | 94,62 | 21,99 | 46,69 | 7,32 | 91,39 | 5,01 | 4,31 | 3,15 |
| F3 + UV3 | 92,50 | 102,70 | 32,07 | 96,18 | 22,30 | 47,56 | 8,98 | 92,71 | 6,57 | 4,62 | 4,02 |
| F3 + UV6 | 92,13 | 102,27 | 31,93 | 95,99 | 22,20 | 47,47 | 8,75 | 92,69 | 6,38 | 4,52 | 3,93 |
| F3 + UV8 | 91,80 | 101,77 | 31,70 | 95,81 | 21,92 | 47,45 | 8,47 | 93,12 | 6,20 | 4,24 | 3,91 |
| F3 + UV11 | 91,67 | 101,87 | 31,73 | 95,74 | 22,37 | 47,37 | 8,62 | 91,59 | 6,13 | 4,69 | 3,83 |
| F3 + UV15 | 92,13 | 102,27 | 31,87 | 95,99 | 22,20 | 47,51 | 8,77 | 92,54 | 6,38 | 4,52 | 3,97 |
| | 91,17 | 101,47 | 31,68 | 95,48 | 22,61 | 47,17 | 8,48 | 90,54 | 5,87 | 4,93 | 3,63 |

Alphatex + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 91,13 | 102,30 | 31,70 | 95,46 | 24,22 | 47,14 | 9,49 | 84,90 | 5,85 | 6,54 | 3,60 |
| Foco 3 | 90,73 | 101,33 | 31,33 | 95,25 | 23,20 | 47,17 | 8,69 | 87,63 | 5,64 | 5,52 | 3,63 |
| Novo (Padrão) | 86,57 | 97,30 | 29,83 | 93,04 | 23,85 | 46,12 | 7,51 | 81,27 | 3,43 | 6,17 | 2,58 |
| UV 1 | 84,33 | 94,73 | 28,33 | 91,83 | 23,43 | 45,99 | 6,63 | 78,94 | 2,22 | 5,75 | 2,45 |
| UV 3 | 85,27 | 95,57 | 29,10 | 92,34 | 23,14 | 45,95 | 6,57 | 81,87 | 2,73 | 5,46 | 2,41 |
| F3 + UV3 | 89,97 | 100,13 | 30,73 | 94,85 | 22,45 | 47,18 | 7,97 | 88,80 | 5,24 | 4,77 | 3,64 |
| F3 + UV6 | 89,60 | 99,90 | 30,40 | 94,66 | 22,74 | 47,22 | 8,04 | 87,00 | 5,05 | 5,06 | 3,68 |
| F3 + UV8 | 89,27 | 99,50 | 30,23 | 94,48 | 22,64 | 47,16 | 7,84 | 86,91 | 4,87 | 4,96 | 3,62 |
| F3 + UV11 | 89,17 | 99,50 | 30,33 | 94,43 | 22,84 | 47,05 | 7,88 | 86,42 | 4,82 | 5,16 | 3,51 |
| F3 + UV15 | 89,77 | 100,37 | 30,33 | 94,75 | 23,29 | 47,34 | 8,50 | 84,95 | 5,14 | 5,61 | 3,80 |
| | 88,00 | 98,56 | 30,17 | 93,81 | 23,38 | 46,60 | 7,71 | 83,94 | 4,20 | 5,70 | 3,06 |

Alphatex + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 92,47 | 102,97 | 31,50 | 96,16 | 22,86 | 47,89 | 9,41 | 89,51 | 6,55 | 5,18 | 4,35 |
| Foco 3 | 92,47 | 102,97 | 31,50 | 96,16 | 22,86 | 47,89 | 9,41 | 89,51 | 6,55 | 5,18 | 4,35 |
| Novo (Padrão) | 90,27 | 100,77 | 31,17 | 95,01 | 23,05 | 47,06 | 8,39 | 87,70 | 5,40 | 5,37 | 3,52 |
| UV 1 | 90,33 | 100,37 | 30,77 | 95,04 | 22,17 | 47,34 | 8,01 | 89,94 | 5,43 | 4,49 | 3,80 |
| UV 3 | 89,13 | 99,03 | 30,20 | 94,41 | 22,02 | 47,12 | 7,40 | 88,99 | 4,80 | 4,34 | 3,58 |
| F3 + UV3 | 90,93 | 101,13 | 30,33 | 95,36 | 22,43 | 47,89 | 8,63 | 88,18 | 5,75 | 4,75 | 4,35 |
| F3 + UV6 | 90,03 | 100,20 | 29,53 | 94,89 | 22,45 | 47,97 | 8,38 | 86,19 | 5,28 | 4,77 | 4,43 |
| F3 + UV8 | 88,80 | 99,10 | 28,93 | 94,23 | 22,81 | 47,76 | 8,09 | 83,35 | 4,62 | 5,13 | 4,22 |
| F3 + UV11 | 88,87 | 99,23 | 29,17 | 94,27 | 22,93 | 47,64 | 8,13 | 83,46 | 4,66 | 5,25 | 4,10 |
| F3 + UV15 | 88,90 | 99,63 | 28,73 | 94,29 | 23,62 | 47,93 | 8,74 | 80,07 | 4,68 | 5,94 | 4,39 |
| | 90,93 | 101,21 | 30,91 | 95,36 | 22,57 | 47,53 | 8,54 | 88,97 | 5,75 | 4,89 | 3,99 |

GCC + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 92,70 | 103,17 | 32,47 | 96,28 | 22,77 | 47,40 | 9,24 | 91,93 | 6,67 | 5,09 | 3,86 |
| Foco 1 | 92,13 | 102,40 | 32,23 | 95,99 | 22,45 | 47,28 | 8,80 | 92,47 | 6,38 | 4,77 | 3,74 |
| Foco 3 | 93,70 | 104,07 | 32,80 | 96,80 | 22,50 | 47,67 | 9,59 | 93,77 | 7,19 | 4,82 | 4,13 |
| UV 1 | 92,50 | 102,67 | 32,27 | 96,18 | 22,24 | 47,43 | 8,89 | 93,37 | 6,57 | 4,56 | 3,89 |
| UV 3 | 91,87 | 101,73 | 31,87 | 95,85 | 21,73 | 47,38 | 8,37 | 94,17 | 6,24 | 4,05 | 3,84 |
| F3 + UV1 | 90,57 | 100,50 | 31,70 | 95,17 | 21,96 | 46,87 | 7,76 | 92,76 | 5,56 | 4,28 | 3,33 |
| F3 + UV 3 | 93,50 | 103,77 | 32,50 | 96,70 | 22,34 | 47,76 | 9,47 | 93,68 | 7,09 | 4,66 | 4,22 |
| F3 + UV6 | 92,70 | 103,07 | 32,20 | 96,28 | 22,59 | 47,57 | 9,21 | 92,01 | 6,67 | 4,91 | 4,03 |
| F3 + UV8 | 92,63 | 103,10 | 32,27 | 96,25 | 22,78 | 47,50 | 9,26 | 91,47 | 6,64 | 5,10 | 3,96 |
| F3 + UV11 | 93,03 | 103,40 | 32,50 | 96,45 | 22,56 | 47,54 | 9,31 | 92,82 | 6,84 | 4,88 | 4,00 |
| F3 + UV15 | 92,80 | 102,90 | 32,23 | 96,33 | 22,09 | 47,59 | 9,00 | 93,87 | 6,72 | 4,41 | 4,05 |
| | 92,42 | 102,61 | 32,26 | 96,14 | 22,29 | 47,40 | 8,87 | 93,16 | 6,53 | 4,61 | 3,86 |

GCC + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,13 | 103,90 | 32,40 | 96,51 | 23,29 | 47,65 | 9,79 | 90,04 | 6,90 | 5,61 | 4,11 |
| Foco 1 | 91,07 | 101,23 | 31,67 | 95,43 | 22,36 | 47,13 | 8,28 | 91,38 | 5,82 | 4,68 | 3,59 |
| Foco 3 | 93,23 | 103,80 | 32,13 | 96,56 | 22,91 | 47,86 | 9,71 | 90,81 | 6,95 | 5,23 | 4,32 |
| UV 1 | 90,33 | 100,53 | 31,23 | 95,04 | 22,48 | 47,05 | 8,06 | 89,86 | 5,43 | 4,80 | 3,51 |
| UV 3 | 91,07 | 101,30 | 31,43 | 95,43 | 22,48 | 47,27 | 8,42 | 90,43 | 5,82 | 4,80 | 3,73 |
| F3 + UV1 | 91,07 | 101,27 | 31,40 | 95,43 | 22,42 | 47,29 | 8,39 | 90,58 | 5,82 | 4,74 | 3,75 |
| F3 + UV 3 | 91,50 | 101,83 | 31,67 | 95,66 | 22,63 | 47,33 | 8,69 | 90,49 | 6,05 | 4,95 | 3,79 |
| F3 + UV6 | 90,87 | 101,13 | 31,37 | 95,32 | 22,56 | 47,22 | 8,37 | 89,97 | 5,71 | 4,88 | 3,68 |
| F3 + UV8 | 91,00 | 100,97 | 31,50 | 95,39 | 21,99 | 47,20 | 8,09 | 92,30 | 5,78 | 4,31 | 3,66 |
| F3 + UV11 | 90,43 | 100,50 | 31,37 | 95,10 | 22,22 | 47,01 | 7,92 | 91,08 | 5,49 | 4,54 | 3,47 |
| F3 + UV15 | 92,07 | 102,17 | 32,03 | 95,95 | 22,15 | 47,37 | 8,65 | 93,09 | 6,34 | 4,47 | 3,83 |
| | 91,63 | 101,98 | 31,70 | 95,72 | 22,65 | 47,37 | 8,76 | 90,51 | 6,11 | 4,97 | 3,83 |

GCC + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 90,80 | 101,13 | 31,53 | 95,29 | 22,69 | 47,08 | 8,36 | 89,86 | 5,68 | 5,01 | 3,54 |
| Foco 1 | 91,93 | 102,03 | 31,87 | 95,88 | 22,16 | 47,41 | 8,62 | 92,67 | 6,27 | 4,48 | 3,87 |
| Foco 3 | 90,57 | 100,53 | 31,43 | 95,17 | 22,02 | 47,03 | 7,87 | 91,95 | 5,56 | 4,34 | 3,49 |
| UV 1 | 91,63 | 101,77 | 31,20 | 95,73 | 22,25 | 47,68 | 8,68 | 90,85 | 6,12 | 4,57 | 4,14 |
| UV 3 | 91,90 | 102,20 | 31,17 | 95,86 | 22,53 | 47,83 | 9,00 | 89,82 | 6,25 | 4,85 | 4,29 |
| F3 + UV1 | 90,97 | 101,07 | 30,93 | 95,38 | 22,24 | 47,53 | 8,37 | 90,17 | 5,77 | 4,56 | 3,99 |
| F3 + UV 3 | 90,37 | 100,30 | 30,63 | 95,06 | 21,98 | 47,44 | 7,96 | 90,32 | 5,45 | 4,30 | 3,90 |
| F3 + UV6 | 90,17 | 100,10 | 30,20 | 94,96 | 22,00 | 47,61 | 7,99 | 89,27 | 5,35 | 4,32 | 4,07 |
| F3 + UV8 | 89,83 | 99,67 | 30,03 | 94,78 | 21,84 | 47,56 | 7,76 | 89,41 | 5,17 | 4,16 | 4,02 |
| F3 + UV11 | 89,60 | 99,40 | 30,17 | 94,66 | 21,79 | 47,36 | 7,55 | 89,81 | 5,05 | 4,11 | 3,82 |
| F3 + UV15 | 89,67 | 99,83 | 29,90 | 94,69 | 22,48 | 47,56 | 8,07 | 86,82 | 5,08 | 4,80 | 4,02 |
| | 91,17 | 101,29 | 31,25 | 95,48 | 22,27 | 47,43 | 8,41 | 90,81 | 5,87 | 4,59 | 3,89 |

Alphatex + TiO₂ (25:75) + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 97,07 | 107,23 | 34,10 | 98,52 | 21,87 | 48,44 | 11,00 | 99,35 | 8,91 | 4,19 | 4,90 |
| Foco 1 | 97,60 | 107,63 | 34,27 | 98,79 | 21,59 | 48,59 | 11,18 | 100,79 | 9,18 | 3,91 | 5,05 |
| Foco 3 | 96,43 | 106,63 | 33,97 | 98,20 | 21,98 | 48,23 | 10,69 | 98,58 | 8,59 | 4,30 | 4,69 |
| UV 1 | 95,90 | 105,67 | 33,70 | 97,93 | 21,23 | 48,15 | 10,15 | 100,56 | 8,32 | 3,55 | 4,61 |
| UV 3 | 96,10 | 105,93 | 33,73 | 98,03 | 21,34 | 48,22 | 10,30 | 100,29 | 8,42 | 3,66 | 4,68 |
| F3 + UV1 | 95,17 | 105,10 | 33,53 | 97,55 | 21,59 | 47,91 | 9,87 | 98,81 | 7,94 | 3,91 | 4,37 |
| F3 + UV 3 | 96,47 | 106,27 | 33,83 | 98,22 | 21,25 | 48,33 | 10,48 | 100,87 | 8,61 | 3,57 | 4,79 |
| F3 + UV6 | 96,50 | 106,07 | 33,80 | 98,23 | 20,82 | 48,36 | 10,37 | 102,31 | 8,62 | 3,14 | 4,82 |
| F3 + UV8 | 96,00 | 105,57 | 33,63 | 97,98 | 20,86 | 48,23 | 10,11 | 101,74 | 8,37 | 3,18 | 4,69 |
| F3 + UV11 | 95,47 | 104,93 | 33,47 | 97,71 | 20,71 | 48,09 | 9,77 | 101,81 | 8,10 | 3,03 | 4,55 |
| F3 + UV15 | 95,70 | 105,20 | 33,53 | 97,83 | 20,76 | 48,15 | 9,91 | 101,83 | 8,22 | 3,08 | 4,61 |
| | 96,39 | 106,35 | 33,88 | 98,18 | 21,55 | 48,27 | 10,52 | 99,89 | 8,57 | 3,87 | 4,73 |

Alphatex + TiO₂ (25:75) + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,83 | 103,37 | 33,10 | 96,87 | 20,96 | 47,55 | 8,92 | 99,89 | 7,26 | 3,28 | 4,01 |
| Foco 1 | 92,67 | 102,07 | 32,60 | 96,26 | 20,80 | 47,31 | 8,26 | 99,17 | 6,65 | 3,12 | 3,77 |
| Foco 3 | 94,17 | 103,17 | 33,03 | 97,04 | 19,95 | 47,74 | 8,83 | 103,35 | 7,43 | 2,27 | 4,20 |
| UV 1 | 92,80 | 101,87 | 32,57 | 96,33 | 20,17 | 47,39 | 8,14 | 101,33 | 6,72 | 2,49 | 3,85 |
| UV 3 | 94,00 | 103,33 | 32,87 | 96,95 | 20,58 | 47,77 | 8,96 | 100,76 | 7,34 | 2,90 | 4,23 |
| F3 + UV1 | 94,37 | 103,40 | 32,90 | 97,14 | 20,00 | 47,92 | 9,02 | 102,93 | 7,53 | 2,32 | 4,38 |
| F3 + UV 3 | 93,97 | 103,10 | 32,77 | 96,94 | 20,21 | 47,81 | 8,85 | 101,82 | 7,33 | 2,53 | 4,27 |
| F3 + UV6 | 93,83 | 102,97 | 32,50 | 96,87 | 20,22 | 47,91 | 8,85 | 101,19 | 7,26 | 2,54 | 4,37 |
| F3 + UV8 | 93,33 | 102,37 | 32,27 | 96,61 | 20,07 | 47,82 | 8,55 | 101,13 | 7,00 | 2,39 | 4,28 |
| F3 + UV11 | 92,47 | 101,47 | 31,90 | 96,16 | 20,07 | 47,64 | 8,09 | 100,18 | 6,55 | 2,39 | 4,10 |
| F3 + UV15 | 92,03 | 101,27 | 31,60 | 95,93 | 20,54 | 47,62 | 8,05 | 97,81 | 6,32 | 2,86 | 4,08 |
| | 93,69 | 102,90 | 32,83 | 96,79 | 20,38 | 47,64 | 8,70 | 101,32 | 7,18 | 2,70 | 4,10 |

Alphatex + TiO₂ (25:75) + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 97,23 | 107,57 | 34,03 | 98,61 | 22,16 | 48,56 | 11,23 | 98,22 | 9,00 | 4,48 | 5,02 |
| Foco 1 | 96,80 | 106,97 | 33,77 | 98,39 | 21,89 | 48,52 | 10,93 | 98,53 | 8,78 | 4,21 | 4,98 |
| Foco 3 | 97,13 | 107,43 | 34,03 | 98,56 | 22,10 | 48,52 | 11,15 | 98,39 | 8,95 | 4,42 | 4,98 |
| UV 1 | 95,80 | 105,83 | 33,47 | 97,88 | 21,72 | 48,24 | 10,33 | 98,31 | 8,27 | 4,04 | 4,70 |
| UV 3 | 96,17 | 106,57 | 33,50 | 98,06 | 22,36 | 48,39 | 10,81 | 96,19 | 8,45 | 4,68 | 4,85 |
| F3 + UV1 | 95,90 | 105,63 | 33,40 | 97,93 | 21,17 | 48,33 | 10,21 | 100,13 | 8,32 | 3,49 | 4,79 |
| F3 + UV 3 | 95,57 | 105,77 | 33,23 | 97,76 | 22,05 | 48,27 | 10,39 | 96,63 | 8,15 | 4,37 | 4,73 |
| F3 + UV6 | 95,07 | 105,03 | 32,63 | 97,50 | 21,66 | 48,41 | 10,09 | 96,63 | 7,89 | 3,98 | 4,87 |
| F3 + UV8 | 94,97 | 104,60 | 32,27 | 97,45 | 21,06 | 48,58 | 9,92 | 97,95 | 7,84 | 3,38 | 5,04 |
| F3 + UV11 | 93,80 | 103,73 | 31,73 | 96,85 | 21,70 | 48,37 | 9,59 | 94,33 | 7,24 | 4,02 | 4,83 |
| F3 + UV15 | 93,33 | 103,60 | 31,20 | 96,61 | 22,35 | 48,48 | 9,76 | 90,80 | 7,00 | 4,67 | 4,94 |
| | 96,37 | 106,54 | 33,63 | 98,17 | 21,92 | 48,41 | 10,72 | 98,06 | 8,56 | 4,24 | 4,87 |

Alphatex + GCC (25:75) + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,20 | 103,37 | 32,47 | 96,54 | 22,18 | 47,64 | 9,22 | 94,12 | 6,93 | 4,50 | 4,10 |
| Foco 1 | 93,10 | 102,67 | 32,27 | 96,49 | 21,08 | 47,71 | 8,73 | 97,55 | 6,88 | 3,40 | 4,17 |
| Foco 3 | 93,50 | 103,70 | 32,53 | 96,70 | 22,21 | 47,74 | 9,40 | 94,19 | 7,09 | 4,53 | 4,20 |
| UV 1 | 93,97 | 103,77 | 32,63 | 96,94 | 21,44 | 47,90 | 9,32 | 97,21 | 7,33 | 3,76 | 4,36 |
| UV 3 | 92,03 | 101,73 | 32,07 | 95,93 | 21,41 | 47,34 | 8,26 | 95,77 | 6,32 | 3,73 | 3,80 |
| F3 + UV1 | 92,83 | 102,73 | 32,30 | 96,35 | 21,71 | 47,57 | 8,83 | 95,33 | 6,74 | 4,03 | 4,03 |
| F3 + UV 3 | 93,03 | 102,77 | 32,33 | 96,45 | 21,39 | 47,64 | 8,80 | 96,58 | 6,84 | 3,71 | 4,10 |
| F3 + UV6 | 92,33 | 102,30 | 32,03 | 96,09 | 21,88 | 47,50 | 8,68 | 94,09 | 6,48 | 4,20 | 3,96 |
| F3 + UV8 | 91,80 | 101,73 | 31,83 | 95,81 | 21,86 | 47,37 | 8,40 | 93,63 | 6,20 | 4,18 | 3,83 |
| F3 + UV11 | 91,57 | 101,53 | 31,80 | 95,69 | 21,94 | 47,28 | 8,31 | 93,23 | 6,08 | 4,26 | 3,74 |
| F3 + UV15 | 92,17 | 102,20 | 32,00 | 96,00 | 22,02 | 47,44 | 8,65 | 93,50 | 6,39 | 4,34 | 3,90 |
| | 93,10 | 102,96 | 32,37 | 96,49 | 21,63 | 47,65 | 8,93 | 95,82 | 6,88 | 3,95 | 4,11 |

Alphatex + GCC (25:75) + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 89,83 | 100,10 | 31,20 | 94,78 | 22,65 | 46,83 | 7,89 | 89,10 | 5,17 | 4,97 | 3,29 |
| Foco 1 | 90,80 | 100,77 | 31,50 | 95,29 | 22,01 | 47,10 | 7,98 | 92,21 | 5,68 | 4,33 | 3,56 |
| Foco 3 | 91,80 | 101,87 | 31,83 | 95,81 | 22,11 | 47,37 | 8,53 | 92,75 | 6,20 | 4,43 | 3,83 |
| UV 1 | 87,73 | 98,03 | 30,27 | 93,67 | 22,91 | 46,41 | 7,21 | 85,76 | 4,06 | 5,23 | 2,87 |
| UV 3 | 90,30 | 100,27 | 31,17 | 95,03 | 22,05 | 47,07 | 7,80 | 91,24 | 5,42 | 4,37 | 3,53 |
| F3 + UV1 | 90,17 | 99,80 | 31,07 | 94,96 | 21,43 | 47,07 | 7,43 | 93,16 | 5,35 | 3,75 | 3,53 |
| F3 + UV 3 | 90,67 | 100,83 | 31,20 | 95,22 | 22,39 | 47,23 | 8,20 | 90,17 | 5,61 | 4,71 | 3,69 |
| F3 + UV6 | 89,97 | 100,13 | 30,87 | 94,85 | 22,45 | 47,10 | 7,93 | 89,10 | 5,24 | 4,77 | 3,56 |
| F3 + UV8 | 89,73 | 99,80 | 30,87 | 94,73 | 22,28 | 46,99 | 7,70 | 89,65 | 5,12 | 4,60 | 3,45 |
| F3 + UV11 | 89,53 | 99,60 | 30,90 | 94,62 | 22,30 | 46,87 | 7,59 | 89,62 | 5,01 | 4,62 | 3,33 |
| F3 + UV15 | 90,73 | 100,90 | 31,17 | 95,25 | 22,39 | 47,28 | 8,24 | 90,13 | 5,64 | 4,71 | 3,74 |
| | 90,19 | 100,24 | 31,18 | 94,97 | 22,22 | 47,01 | 7,83 | 90,64 | 5,36 | 4,54 | 3,47 |

Alphatex + GCC (25:75) + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 91,70 | 102,43 | 31,70 | 95,76 | 23,36 | 47,40 | 9,22 | 88,04 | 6,15 | 5,68 | 3,86 |
| Foco 1 | 91,60 | 102,00 | 31,87 | 95,71 | 22,75 | 47,25 | 8,75 | 90,54 | 6,10 | 5,07 | 3,71 |
| Foco 3 | 91,53 | 101,80 | 31,80 | 95,67 | 22,50 | 47,26 | 8,60 | 91,24 | 6,06 | 4,82 | 3,72 |
| UV 1 | 88,57 | 98,93 | 30,33 | 94,11 | 22,96 | 46,77 | 7,65 | 85,89 | 4,50 | 5,28 | 3,23 |
| UV 3 | 87,27 | 97,27 | 29,63 | 93,42 | 22,38 | 46,58 | 6,77 | 86,13 | 3,81 | 4,70 | 3,04 |
| F3 + UV1 | 91,63 | 101,97 | 31,43 | 95,73 | 22,62 | 47,54 | 8,82 | 90,05 | 6,12 | 4,94 | 4,00 |
| F3 + UV 3 | 91,63 | 102,03 | 31,23 | 95,73 | 22,74 | 47,66 | 8,95 | 89,17 | 6,12 | 5,06 | 4,12 |
| F3 + UV6 | 91,47 | 101,77 | 30,80 | 95,64 | 22,57 | 47,85 | 8,88 | 88,80 | 6,03 | 4,89 | 4,31 |
| F3 + UV8 | 90,60 | 100,93 | 30,40 | 95,18 | 22,71 | 47,69 | 8,58 | 87,28 | 5,57 | 5,03 | 4,15 |
| F3 + UV11 | 91,13 | 101,33 | 30,50 | 95,46 | 22,41 | 47,88 | 8,69 | 88,64 | 5,85 | 4,73 | 4,34 |
| F3 + UV15 | 91,23 | 101,87 | 30,17 | 95,52 | 23,21 | 48,14 | 9,31 | 85,11 | 5,91 | 5,53 | 4,60 |
| | 90,56 | 100,92 | 31,14 | 95,16 | 22,76 | 47,21 | 8,37 | 88,73 | 5,55 | 5,08 | 3,67 |

TiO₂ + GCC (25:75) + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 96,10 | 106,30 | 33,67 | 98,03 | 22,00 | 48,26 | 10,58 | 97,80 | 8,42 | 4,32 | 4,72 |
| Foco 1 | 92,43 | 102,30 | 32,47 | 96,14 | 21,68 | 47,28 | 8,52 | 95,73 | 6,53 | 4,00 | 3,74 |
| Foco 3 | 96,33 | 106,43 | 33,80 | 98,15 | 21,80 | 48,29 | 10,60 | 98,82 | 8,54 | 4,12 | 4,75 |
| UV 1 | 95,57 | 105,43 | 33,53 | 97,76 | 21,44 | 48,09 | 10,06 | 99,42 | 8,15 | 3,76 | 4,55 |
| UV 3 | 95,73 | 105,67 | 33,50 | 97,84 | 21,55 | 48,19 | 10,22 | 98,99 | 8,23 | 3,87 | 4,65 |
| F3 + UV1 | 94,83 | 104,60 | 33,23 | 97,38 | 21,31 | 47,93 | 9,64 | 99,10 | 7,77 | 3,63 | 4,39 |
| F3 + UV 3 | 95,57 | 105,53 | 33,47 | 97,76 | 21,62 | 48,13 | 10,15 | 98,63 | 8,15 | 3,94 | 4,59 |
| F3 + UV6 | 95,07 | 105,00 | 33,17 | 97,50 | 21,60 | 48,08 | 9,91 | 97,99 | 7,89 | 3,92 | 4,54 |
| F3 + UV8 | 94,60 | 104,57 | 33,07 | 97,26 | 21,70 | 47,93 | 9,69 | 97,35 | 7,65 | 4,02 | 4,39 |
| F3 + UV11 | 94,97 | 104,73 | 33,27 | 97,45 | 21,30 | 47,98 | 9,71 | 99,23 | 7,84 | 3,62 | 4,44 |
| F3 + UV15 | 95,40 | 105,40 | 33,37 | 97,67 | 21,69 | 48,12 | 10,10 | 98,13 | 8,06 | 4,01 | 4,58 |
| | 95,22 | 105,18 | 33,38 | 97,58 | 21,63 | 48,03 | 9,96 | 98,36 | 7,97 | 3,95 | 4,49 |

TiO₂ + GCC (25:75) + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura 100,00 | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | | | | |
| Padrão | 93,80 | 103,40 | 32,87 | 96,85 | 21,08 | 47,67 | 9,01 | 98,94 | 7,24 | 3,40 | 4,13 |
| Foco 1 | 93,57 | 103,20 | 32,70 | 96,73 | 21,16 | 47,67 | 8,94 | 98,26 | 7,12 | 3,48 | 4,13 |
| Foco 3 | 92,80 | 102,20 | 32,53 | 96,33 | 20,79 | 47,41 | 8,36 | 99,09 | 6,72 | 3,11 | 3,87 |
| UV 1 | 93,50 | 103,07 | 32,67 | 96,70 | 21,04 | 47,66 | 8,86 | 98,59 | 7,09 | 3,36 | 4,12 |
| UV 3 | 93,73 | 103,20 | 32,70 | 96,82 | 20,84 | 47,75 | 8,92 | 99,42 | 7,21 | 3,16 | 4,21 |
| F3 + UV1 | 93,70 | 103,10 | 32,67 | 96,80 | 20,72 | 47,75 | 8,87 | 99,76 | 7,19 | 3,04 | 4,21 |
| F3 + UV 3 | 92,27 | 101,73 | 32,23 | 96,06 | 20,95 | 47,34 | 8,17 | 97,77 | 6,45 | 3,27 | 3,80 |
| F3 + UV6 | 92,27 | 101,77 | 32,03 | 96,06 | 21,02 | 47,47 | 8,25 | 97,11 | 6,45 | 3,34 | 3,93 |
| F3 + UV8 | 91,27 | 100,73 | 31,53 | 95,53 | 21,03 | 47,30 | 7,78 | 95,79 | 5,92 | 3,35 | 3,76 |
| F3 + UV11 | 91,10 | 100,43 | 31,50 | 95,45 | 20,80 | 47,25 | 7,58 | 96,52 | 5,84 | 3,12 | 3,71 |
| F3 + UV15 | 91,07 | 100,57 | 31,37 | 95,43 | 21,11 | 47,31 | 7,74 | 95,12 | 5,82 | 3,43 | 3,77 |
| | 93,34 | 102,84 | 32,62 | 96,61 | 20,94 | 47,61 | 8,73 | 98,83 | 7,00 | 3,26 | 4,07 |

TiO₂ + GCC (25:75) + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura 100,00 | DL | Da | Db |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------------|------|------|------|
| | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | | | | |
| Padrão | 94,27 | 104,07 | 33,13 | 97,09 | 21,42 | 47,73 | 9,35 | 98,42 | 7,48 | 3,74 | 4,19 |
| Foco 1 | 93,37 | 103,03 | 32,73 | 96,63 | 21,24 | 47,55 | 8,83 | 98,03 | 7,02 | 3,56 | 4,01 |
| Foco 3 | 93,87 | 103,67 | 32,80 | 96,88 | 21,45 | 47,75 | 9,21 | 97,53 | 7,27 | 3,77 | 4,21 |
| UV 1 | 92,17 | 101,63 | 32,33 | 96,00 | 20,96 | 47,23 | 8,08 | 97,94 | 6,39 | 3,28 | 3,69 |
| UV 3 | 93,07 | 102,70 | 32,47 | 96,47 | 21,20 | 47,58 | 8,70 | 97,54 | 6,86 | 3,52 | 4,04 |
| F3 + UV1 | 91,70 | 100,97 | 32,10 | 95,76 | 20,62 | 47,16 | 7,72 | 98,54 | 6,15 | 2,94 | 3,62 |
| F3 + UV 3 | 91,90 | 101,13 | 31,97 | 95,86 | 20,55 | 47,33 | 7,86 | 98,55 | 6,25 | 2,87 | 3,79 |
| F3 + UV6 | 92,33 | 101,70 | 31,83 | 96,09 | 20,76 | 47,62 | 8,26 | 97,58 | 6,48 | 3,08 | 4,08 |
| F3 + UV8 | 90,80 | 100,27 | 31,03 | 95,29 | 21,07 | 47,39 | 7,65 | 94,49 | 5,68 | 3,39 | 3,85 |
| F3 + UV11 | 91,27 | 100,40 | 30,90 | 95,53 | 20,41 | 47,70 | 7,73 | 96,60 | 5,92 | 2,73 | 4,16 |
| F3 + UV15 | 90,33 | 99,83 | 30,03 | 95,04 | 21,17 | 47,80 | 7,73 | 91,85 | 5,43 | 3,49 | 4,26 |
| | 92,90 | 102,46 | 32,50 | 96,39 | 21,06 | 47,48 | 8,54 | 98,08 | 6,78 | 3,38 | 3,94 |

Tubo

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 88,00 | 98,20 | 30,73 | 93,81 | 22,69 | 46,24 | 7,07 | 87,61 | 4,20 | 5,01 | 2,70 |
| Foco 1 | 86,07 | 96,03 | 29,57 | 92,77 | 22,42 | 46,04 | 6,23 | 85,60 | 3,16 | 4,74 | 2,50 |
| Foco 3 | 86,57 | 96,57 | 29,53 | 93,04 | 22,44 | 46,31 | 6,49 | 85,55 | 3,43 | 4,76 | 2,77 |
| UV 1 | 87,70 | 97,63 | 30,10 | 93,65 | 22,21 | 46,50 | 6,75 | 87,84 | 4,04 | 4,53 | 2,96 |
| UV 3 | 86,37 | 95,97 | 29,20 | 92,93 | 21,69 | 46,42 | 5,95 | 87,41 | 3,32 | 4,01 | 2,88 |
| F3 + UV1 | 86,67 | 96,63 | 29,47 | 93,09 | 22,37 | 46,40 | 6,50 | 85,68 | 3,48 | 4,69 | 2,86 |
| F3 + UV 3 | 87,60 | 97,73 | 29,47 | 93,59 | 22,60 | 46,85 | 7,15 | 85,03 | 3,98 | 4,92 | 3,31 |
| F3 + UV6 | 86,40 | 96,40 | 28,90 | 92,95 | 22,46 | 46,63 | 6,60 | 84,04 | 3,34 | 4,78 | 3,09 |
| F3 + UV8 | 86,53 | 96,33 | 28,63 | 93,02 | 22,06 | 46,87 | 6,47 | 84,87 | 3,41 | 4,38 | 3,33 |
| F3 + UV11 | 85,37 | 95,40 | 28,27 | 92,39 | 22,62 | 46,54 | 6,41 | 81,85 | 2,78 | 4,94 | 3,00 |
| F3 + UV15 | 83,20 | 93,30 | 25,83 | 91,21 | 22,96 | 47,06 | 6,54 | 74,66 | 1,60 | 5,28 | 3,52 |
| | 87,00 | 96,97 | 29,72 | 93,27 | 22,35 | 46,40 | 6,58 | 86,39 | 3,66 | 4,67 | 2,86 |

Cré

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,30 | 87,60 | 29,00 | 89,61 | 17,68 | 43,54 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 81,77 | 92,00 | 25,63 | 90,42 | 23,37 | 46,49 | 6,46 | 72,44 | 0,81 | 5,69 | 2,95 |
| Foco 1 | 81,73 | 91,50 | 25,90 | 90,41 | 22,45 | 46,30 | 5,57 | 76,29 | 0,80 | 4,77 | 2,76 |
| Foco 3 | 81,83 | 91,87 | 26,07 | 90,46 | 22,96 | 46,24 | 5,99 | 74,87 | 0,85 | 5,28 | 2,70 |
| UV 1 | 81,90 | 91,73 | 25,97 | 90,50 | 22,56 | 46,34 | 5,70 | 76,07 | 0,89 | 4,88 | 2,80 |
| UV 3 | 82,23 | 92,13 | 26,10 | 90,68 | 22,66 | 46,41 | 5,85 | 76,10 | 1,07 | 4,98 | 2,87 |
| F3 + UV1 | 82,10 | 91,90 | 26,13 | 90,61 | 22,48 | 46,33 | 5,64 | 76,80 | 1,00 | 4,80 | 2,79 |
| F3 + UV 3 | 81,17 | 90,80 | 25,70 | 90,09 | 22,24 | 46,15 | 5,28 | 76,43 | 0,48 | 4,56 | 2,61 |
| F3 + UV6 | 81,33 | 90,97 | 25,73 | 90,18 | 22,22 | 46,21 | 5,30 | 76,60 | 0,57 | 4,54 | 2,67 |
| F3 + UV8 | 81,53 | 90,83 | 25,67 | 90,30 | 21,54 | 46,35 | 4,83 | 78,88 | 0,69 | 3,86 | 2,81 |
| F3 + UV11 | 81,33 | 90,90 | 25,57 | 90,18 | 22,09 | 46,32 | 5,25 | 76,68 | 0,57 | 4,41 | 2,78 |
| F3 + UV15 | 81,80 | 91,57 | 25,53 | 90,44 | 22,44 | 46,57 | 5,71 | 75,48 | 0,83 | 4,76 | 3,03 |
| | 81,82 | 91,70 | 25,93 | 90,45 | 22,67 | 46,32 | 5,78 | 75,57 | 0,84 | 4,99 | 2,78 |

Legenda:

Fórmulas de cálculo

$$L=10\sqrt{Y}$$

$$a=(17,85X - 17,5Y)/ \sqrt{Y}$$

$$b=(7Y - 5,929Z)/ \sqrt{Y}$$

$$\Delta L=L \text{ amostra} - L \text{ padrão}$$

$$\Delta a=a \text{ amostra} - a \text{ padrão}$$

$$\Delta b=b \text{ amostra} - b \text{ padrão}$$

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

$$\% \text{ brancura}=\frac{(L-a-b \text{ amostra})}{(L-a-b \text{ padrão})} \times 100$$

**1.1.2. Luz A.
Gráficos.**

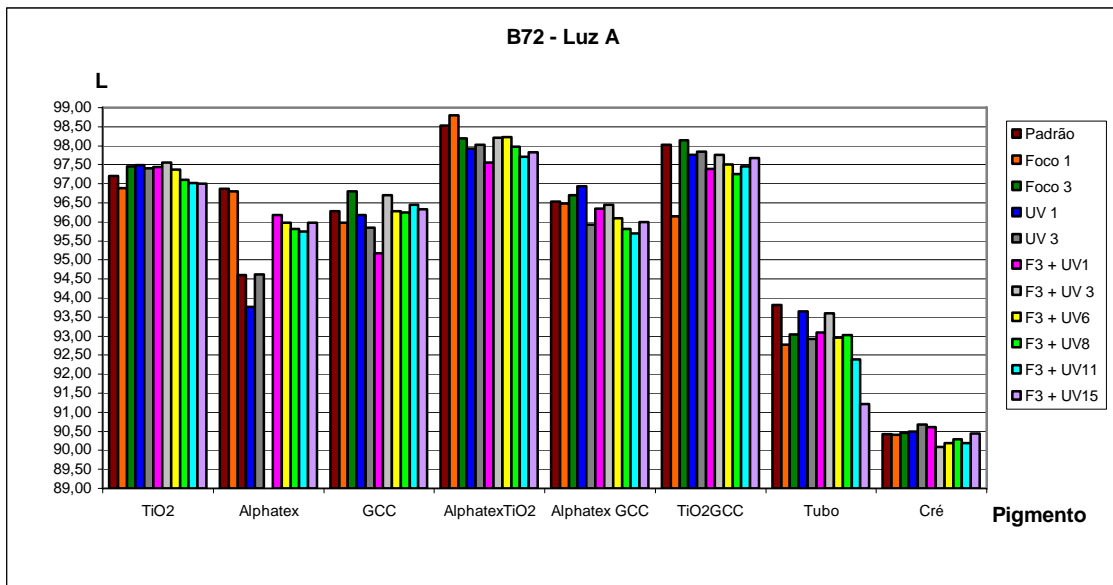


Gráfico 1 – Luz A. Variação de *L* para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

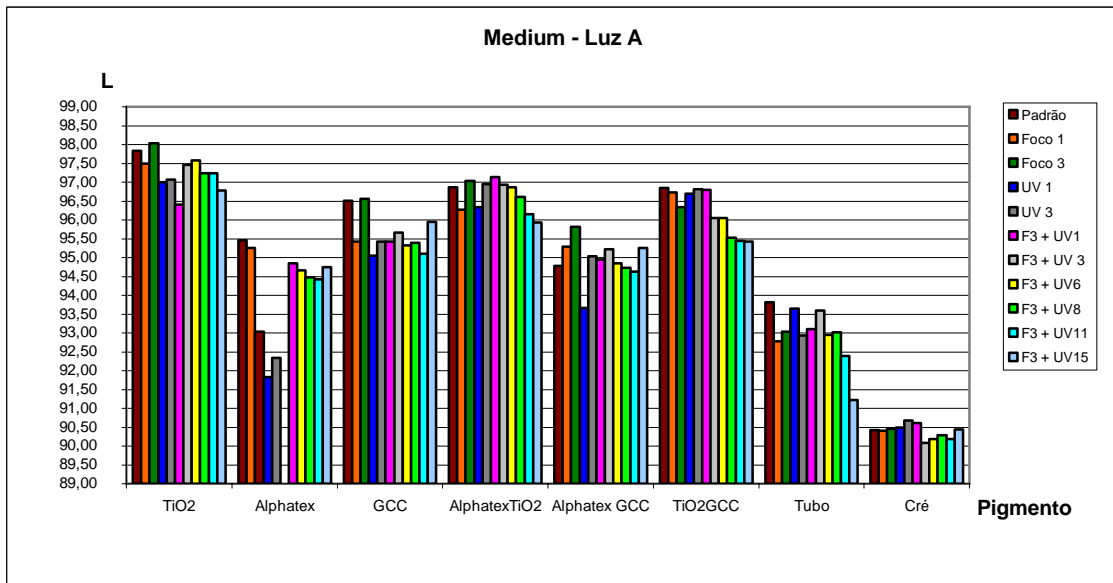


Gráfico 2 – Luz A. Variação de *L* para pigmentos aglutinados em médium para restauro.

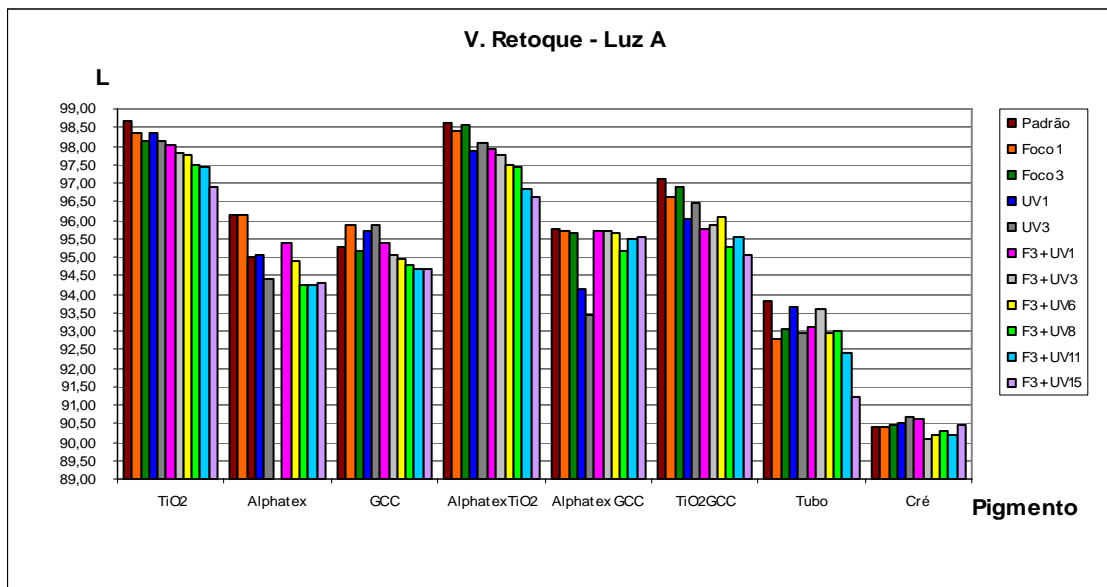


Gráfico 3 – Luz A. Variação de L para pigmentos aglutinados em verniz de retoque.

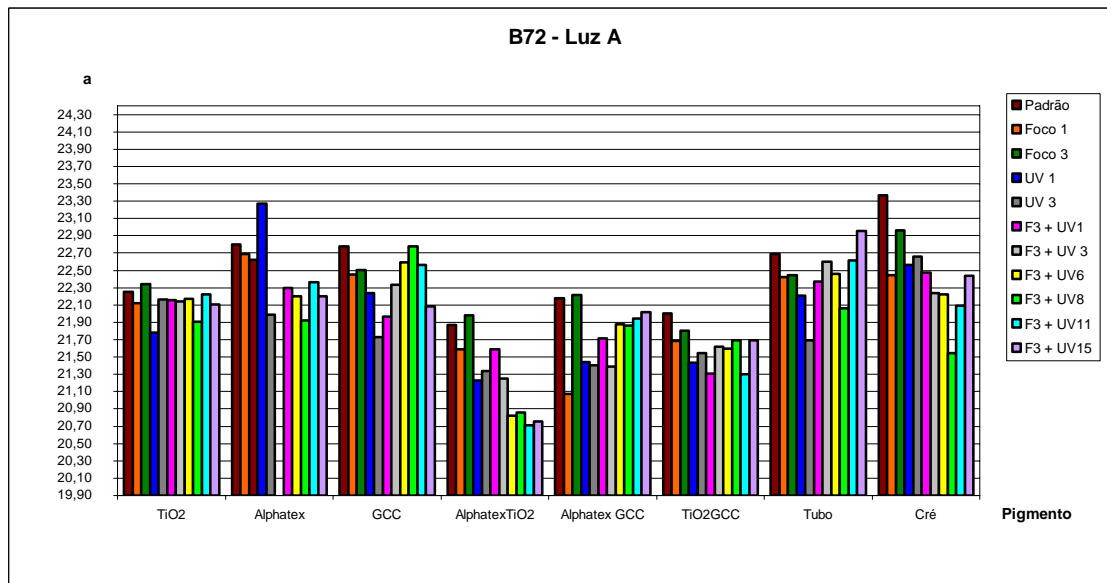


Gráfico 4 – Luz A. Variação de a para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

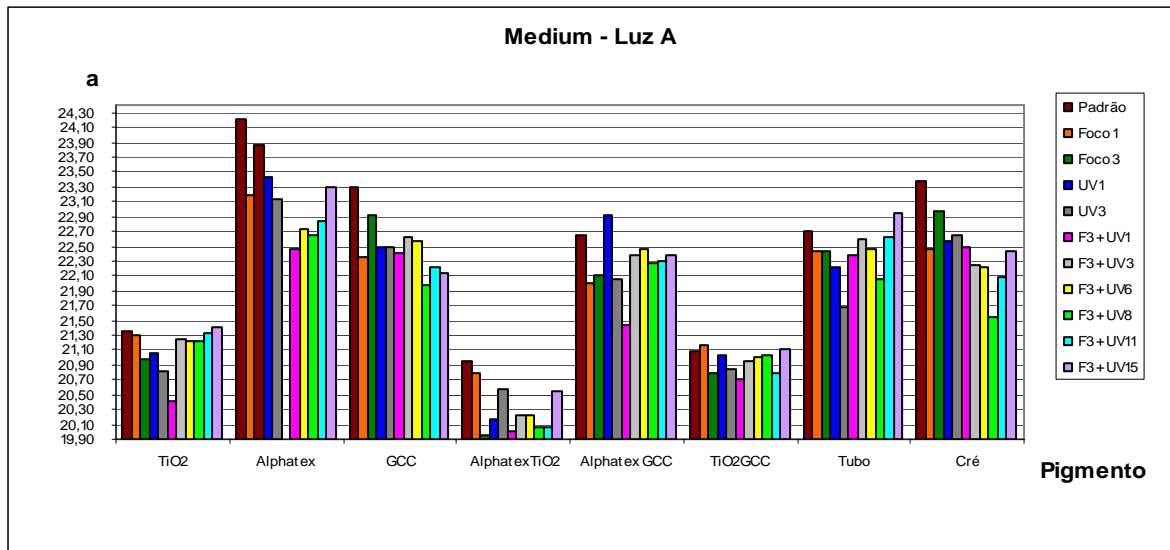


Gráfico 5 – Luz A. Variação de *a* para pigmentos aglutinados em medium para restauro.

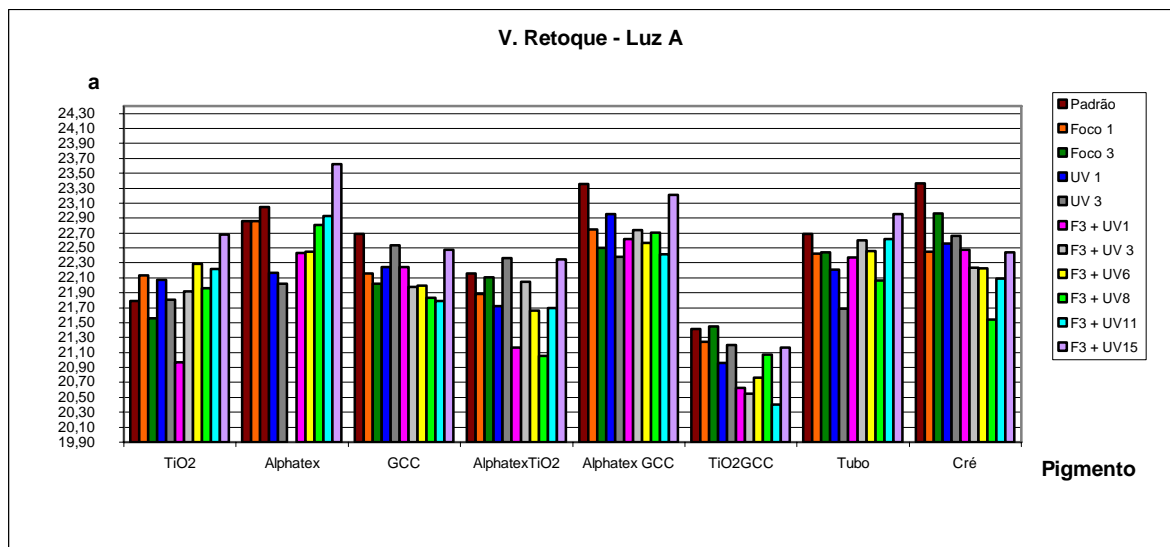


Gráfico 6 – Luz A. Variação de *a* para pigmentos aglutinados em verniz de retoque.

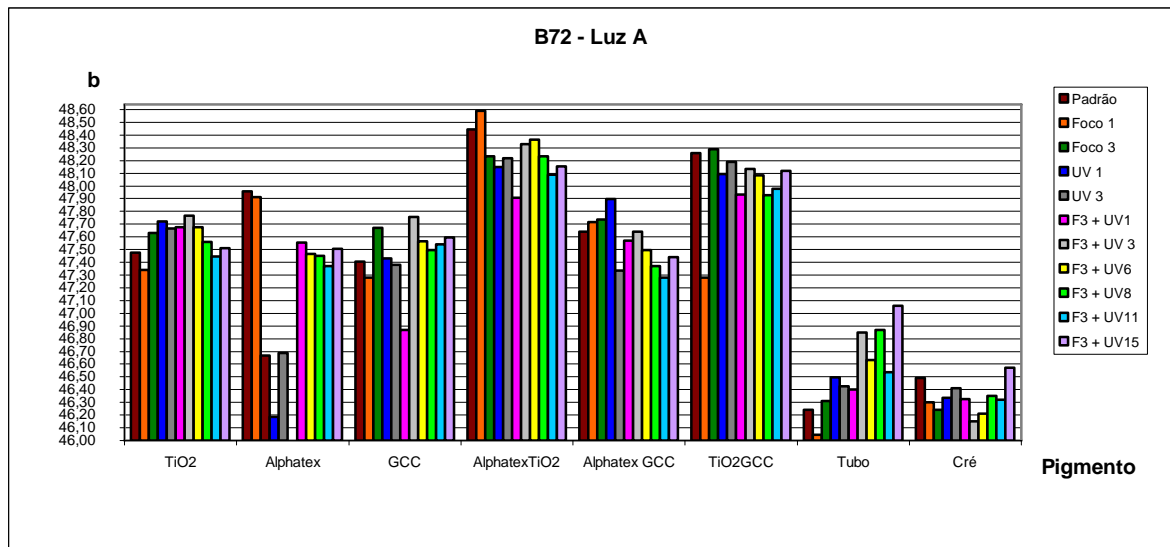


Gráfico 7 – Luz A. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

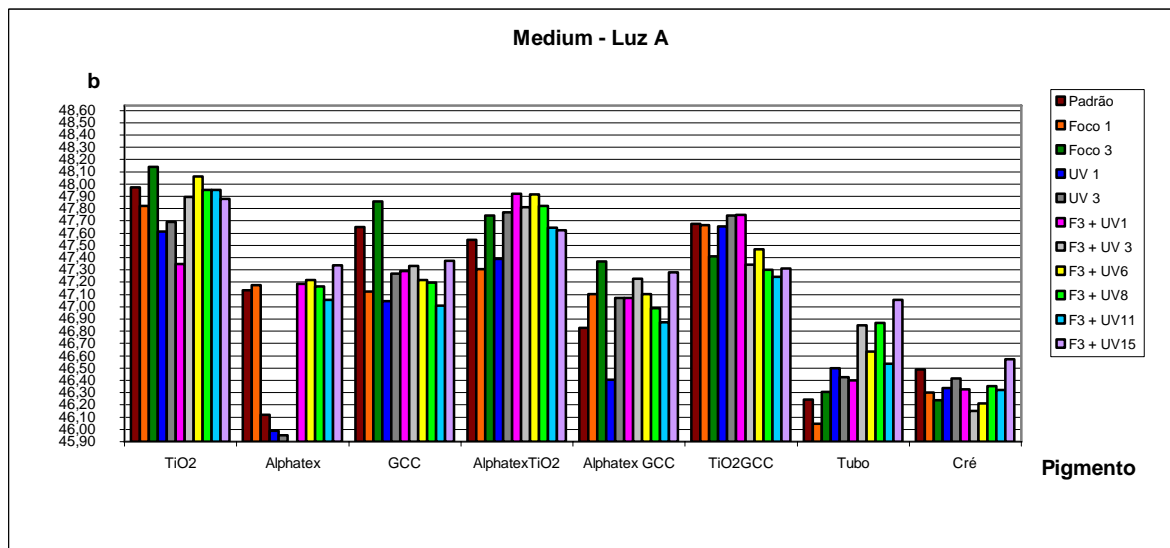


Gráfico 8 – Luz A. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em medium para restauro.

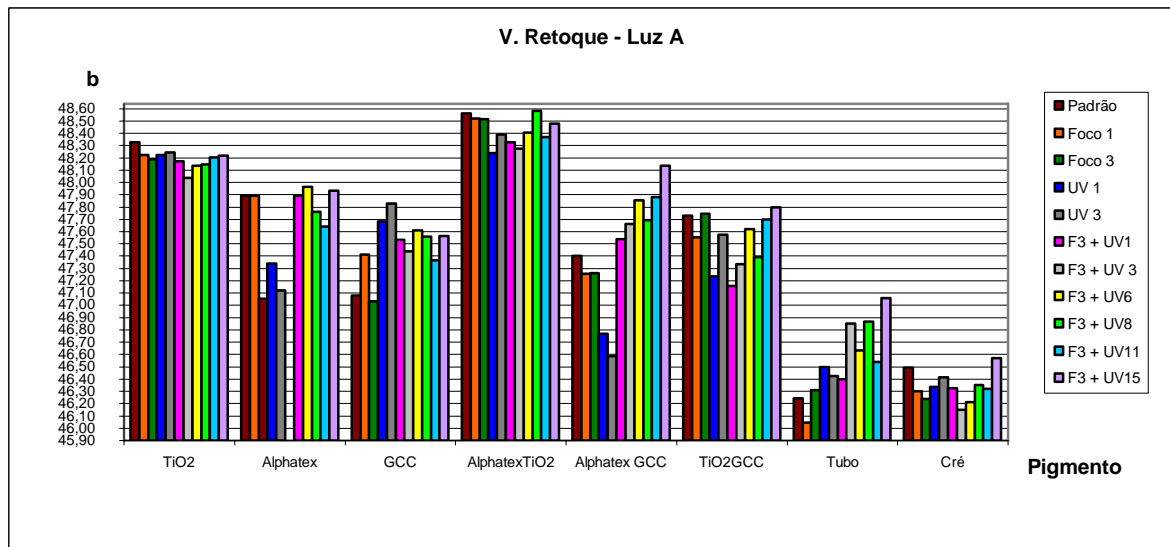


Gráfico 9 – Luz A. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

1.2. Luz C.

Luz C (80,8:78,7:96,0)

L-a-b padrão= **91,3116**

TiO₂ + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 94,67 | 93,07 | 111,20 | 97,30 | 0,47 | 0,35 | 7,59 | 105,66 | 7,41 | 1,49 | 0,75 |
| Foco 1 | 93,87 | 92,27 | 110,10 | 96,88 | 0,44 | 0,44 | 7,20 | 105,13 | 6,99 | 1,46 | 0,84 |
| Foco 3 | 95,37 | 93,80 | 111,50 | 97,66 | 0,55 | 0,66 | 7,99 | 105,61 | 7,77 | 1,57 | 1,06 |
| UV 1 | 93,10 | 90,80 | 108,63 | 96,49 | -0,88 | 0,79 | 6,71 | 105,77 | 6,60 | 0,14 | 1,19 |
| UV 3 | 95,13 | 93,33 | 110,77 | 97,54 | 0,12 | 0,94 | 7,85 | 105,65 | 7,65 | 1,14 | 1,34 |
| F3 + UV1 | 94,47 | 92,93 | 110,53 | 97,19 | 0,59 | 0,61 | 7,55 | 105,13 | 7,30 | 1,61 | 1,01 |
| F3 + UV 3 | 95,20 | 93,53 | 111,20 | 97,57 | 0,37 | 0,73 | 7,89 | 105,66 | 7,68 | 1,39 | 1,13 |
| F3 + UV6 | 94,70 | 93,13 | 110,70 | 97,31 | 0,53 | 0,67 | 7,66 | 105,25 | 7,42 | 1,55 | 1,07 |
| F3 + UV8 | 94,57 | 93,10 | 110,57 | 97,25 | 0,71 | 0,66 | 7,63 | 105,00 | 7,36 | 1,73 | 1,06 |
| F3 + UV11 | 94,43 | 92,97 | 110,30 | 97,18 | 0,71 | 0,73 | 7,57 | 104,85 | 7,29 | 1,73 | 1,13 |
| F3 + UV15 | 94,30 | 92,93 | 110,10 | 97,11 | 0,89 | 0,75 | 7,55 | 104,55 | 7,22 | 1,91 | 1,15 |
| | 94,54 | 92,82 | 110,56 | 97,23 | 0,24 | 0,65 | 7,52 | 105,52 | 7,34 | 1,26 | 1,05 |

TiO₂ + Medium

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 95,57 | 93,63 | 111,27 | 97,76 | -0,11 | 0,95 | 8,03 | 106,14 | 7,87 | 0,91 | 1,35 |
| Foco 1 | 95,13 | 93,27 | 110,70 | 97,54 | -0,00 | 0,98 | 7,84 | 105,74 | 7,65 | 1,02 | 1,38 |
| Foco 3 | 96,27 | 94,13 | 111,57 | 98,12 | -0,45 | 1,26 | 8,41 | 106,56 | 8,23 | 0,57 | 1,66 |
| UV 1 | 94,40 | 92,33 | 109,53 | 97,16 | -0,40 | 1,17 | 7,46 | 105,56 | 7,27 | 0,62 | 1,57 |
| UV 3 | 94,23 | 92,27 | 109,07 | 97,07 | -0,22 | 1,34 | 7,43 | 105,09 | 7,18 | 0,80 | 1,74 |
| F3 + UV1 | 92,53 | 90,53 | 107,50 | 96,19 | -0,34 | 1,08 | 6,51 | 104,54 | 6,30 | 0,68 | 1,48 |
| F3 + UV 3 | 95,27 | 93,17 | 110,00 | 97,60 | -0,42 | 1,50 | 7,97 | 105,71 | 7,71 | 0,60 | 1,90 |
| F3 + UV6 | 94,70 | 92,63 | 109,13 | 97,31 | -0,38 | 1,63 | 7,72 | 105,21 | 7,42 | 0,64 | 2,03 |
| F3 + UV8 | 94,97 | 93,00 | 109,27 | 97,45 | -0,19 | 1,74 | 7,90 | 105,03 | 7,56 | 0,83 | 2,14 |
| F3 + UV11 | 94,73 | 92,77 | 108,80 | 97,33 | -0,20 | 1,86 | 7,82 | 104,78 | 7,44 | 0,82 | 2,26 |
| F3 + UV15 | 94,00 | 92,10 | 107,27 | 96,95 | -0,10 | 2,27 | 7,61 | 103,81 | 7,06 | 0,92 | 2,67 |
| | 94,77 | 92,76 | 109,95 | 97,35 | -0,28 | 1,18 | 7,66 | 105,62 | 7,46 | 0,74 | 1,58 |

TiO₂ + V. Retoque

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 97,37 | 95,63 | 113,43 | 98,67 | 0,32 | 0,91 | 8,98 | 106,71 | 8,78 | 1,34 | 1,31 |
| Foco 1 | 97,00 | 95,40 | 112,87 | 98,49 | 0,55 | 1,00 | 8,85 | 106,17 | 8,60 | 1,57 | 1,40 |
| Foco 3 | 96,50 | 94,87 | 112,13 | 98,23 | 0,47 | 1,09 | 8,61 | 105,88 | 8,34 | 1,49 | 1,49 |
| UV 1 | 97,13 | 95,50 | 112,87 | 98,56 | 0,49 | 1,09 | 8,92 | 106,20 | 8,67 | 1,51 | 1,49 |
| UV 3 | 96,13 | 94,40 | 111,23 | 98,05 | 0,28 | 1,37 | 8,45 | 105,57 | 8,16 | 1,30 | 1,77 |
| F3 + UV1 | 96,53 | 94,73 | 111,87 | 98,25 | 0,17 | 1,27 | 8,61 | 106,02 | 8,36 | 1,19 | 1,67 |
| F3 + UV 3 | 96,13 | 94,50 | 111,43 | 98,05 | 0,46 | 1,25 | 8,45 | 105,51 | 8,16 | 1,48 | 1,65 |
| F3 + UV6 | 95,53 | 93,83 | 110,10 | 97,74 | 0,32 | 1,63 | 8,22 | 104,91 | 7,85 | 1,34 | 2,03 |
| F3 + UV8 | 94,93 | 93,27 | 108,77 | 97,43 | 0,36 | 2,02 | 8,04 | 104,10 | 7,54 | 1,38 | 2,42 |
| F3 + UV11 | 94,70 | 93,07 | 107,90 | 97,31 | 0,41 | 2,38 | 8,06 | 103,52 | 7,42 | 1,43 | 2,78 |
| F3 + UV15 | 93,83 | 92,27 | 105,27 | 96,87 | 0,50 | 3,38 | 8,08 | 101,84 | 6,98 | 1,52 | 3,78 |
| | 96,69 | 95,00 | 112,26 | 98,33 | 0,39 | 1,14 | 8,69 | 106,01 | 8,44 | 1,41 | 1,54 |

Alphatex + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,33 | 91,93 | 106,63 | 96,61 | 0,79 | 2,18 | 7,42 | 102,54 | 6,72 | 1,81 | 2,58 |
| Foco 3 | 92,97 | 91,57 | 106,13 | 96,42 | 0,78 | 2,23 | 7,27 | 102,29 | 6,53 | 1,80 | 2,63 |
| Novo (Padrão) | 88,77 | 87,67 | 102,40 | 94,22 | 1,21 | 1,51 | 5,23 | 100,20 | 4,33 | 2,23 | 1,91 |
| UV 1 | 88,00 | 87,07 | 101,27 | 93,81 | 1,51 | 1,66 | 5,10 | 99,26 | 3,92 | 2,53 | 2,06 |
| UV 3 | 89,03 | 88,03 | 102,87 | 94,36 | 1,41 | 1,41 | 5,40 | 100,24 | 4,47 | 2,43 | 1,81 |
| F3 + UV3 | 92,37 | 91,03 | 105,83 | 96,11 | 0,89 | 1,99 | 6,93 | 102,11 | 6,22 | 1,91 | 2,39 |
| F3 + UV6 | 92,23 | 90,83 | 105,57 | 96,04 | 0,76 | 2,05 | 6,85 | 102,10 | 6,15 | 1,78 | 2,45 |
| F3 + UV8 | 91,60 | 90,43 | 105,00 | 95,71 | 1,17 | 1,95 | 6,65 | 101,39 | 5,82 | 2,19 | 2,35 |
| F3 + UV11 | 91,37 | 90,13 | 104,73 | 95,59 | 1,04 | 1,95 | 6,50 | 101,41 | 5,70 | 2,06 | 2,35 |
| F3 + UV15 | 91,87 | 90,67 | 105,13 | 95,85 | 1,12 | 2,06 | 6,79 | 101,49 | 5,96 | 2,14 | 2,46 |
| | 90,74 | 89,55 | 104,19 | 95,26 | 1,10 | 1,83 | 6,19 | 101,11 | 5,37 | 2,12 | 2,23 |

Alphatex + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 90,57 | 89,97 | 104,03 | 95,17 | 2,21 | 1,80 | 6,56 | 99,83 | 5,28 | 3,23 | 2,20 |
| Foco 3 | 90,40 | 89,57 | 103,17 | 95,08 | 1,76 | 2,22 | 6,45 | 99,76 | 5,19 | 2,78 | 2,62 |
| Novo (Padrão) | 85,57 | 85,17 | 97,20 | 92,50 | 2,47 | 2,45 | 5,21 | 95,92 | 2,61 | 3,49 | 2,85 |
| UV 1 | 83,57 | 83,33 | 93,20 | 91,41 | 2,74 | 3,54 | 5,66 | 93,23 | 1,52 | 3,76 | 3,94 |
| UV 3 | 85,07 | 84,60 | 96,27 | 92,23 | 2,32 | 2,68 | 5,11 | 95,53 | 2,34 | 3,34 | 3,08 |
| F3 + UV3 | 89,87 | 88,73 | 101,10 | 94,80 | 1,18 | 3,13 | 6,43 | 99,10 | 4,91 | 2,20 | 3,53 |
| F3 + UV6 | 89,33 | 88,10 | 100,17 | 94,52 | 0,98 | 3,33 | 6,27 | 98,79 | 4,63 | 2,00 | 3,73 |
| F3 + UV8 | 88,63 | 87,43 | 99,17 | 94,15 | 1,02 | 3,45 | 6,09 | 98,21 | 4,26 | 2,04 | 3,85 |
| F3 + UV11 | 88,53 | 87,47 | 99,43 | 94,09 | 1,27 | 3,21 | 5,99 | 98,14 | 4,20 | 2,29 | 3,61 |
| F3 + UV15 | 89,07 | 88,00 | 99,37 | 94,38 | 1,29 | 3,64 | 6,46 | 97,96 | 4,49 | 2,31 | 4,04 |
| | 87,51 | 86,89 | 99,16 | 93,54 | 2,11 | 2,63 | 5,69 | 97,26 | 3,65 | 3,13 | 3,03 |

Alphatex + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------------|---------------|------|------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 92,37 | 91,10 | 103,80 | 96,11 | 1,01 | 3,24 | 7,49 | 100,60 | 6,22 | 2,03 | 3,64 |
| Foco 3 | 92,23 | 91,07 | 103,87 | 96,04 | 1,19 | 3,10 | 7,41 | 100,47 | 6,15 | 2,21 | 3,50 |
| Novo (Padrão) | 88,23 | 87,40 | 100,23 | 93,93 | 1,70 | 2,49 | 5,66 | 98,28 | 4,04 | 2,72 | 2,89 |
| UV 1 | 89,93 | 88,60 | 100,87 | 94,83 | 0,81 | 3,32 | 6,45 | 99,33 | 4,94 | 1,83 | 3,72 |
| UV 3 | 89,63 | 88,33 | 100,10 | 94,67 | 0,86 | 3,58 | 6,51 | 98,81 | 4,78 | 1,88 | 3,98 |
| F3 + UV3 | 90,07 | 88,47 | 98,63 | 94,90 | 0,31 | 4,81 | 7,35 | 98,32 | 5,01 | 1,33 | 5,21 |
| F3 + UV6 | 89,53 | 87,73 | 96,77 | 94,62 | -0,08 | 5,60 | 7,70 | 97,58 | 4,73 | 0,94 | 6,00 |
| F3 + UV8 | 88,40 | 86,77 | 95,00 | 94,02 | 0,19 | 5,91 | 7,64 | 96,29 | 4,13 | 1,21 | 6,31 |
| F3 + UV11 | 88,13 | 86,80 | 95,53 | 93,88 | 0,75 | 5,38 | 7,24 | 96,10 | 3,99 | 1,77 | 5,78 |
| F3 + UV15 | 87,93 | 86,53 | 93,70 | 93,77 | 0,62 | 6,40 | 8,00 | 95,01 | 3,88 | 1,64 | 6,80 |
| | 90,41 | 89,16 | 101,25 | 95,08 | 0,98 | 3,42 | 6,75 | 99,31 | 5,19 | 2,00 | 3,82 |

GCC + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 92,47 | 91,37 | 107,23 | 96,16 | 1,32 | 1,19 | 6,88 | 102,55 | 6,27 | 2,34 | 1,59 |
| Foco 1 | 91,97 | 90,97 | 106,83 | 95,90 | 1,50 | 1,08 | 6,68 | 102,20 | 6,01 | 2,52 | 1,48 |
| Foco 3 | 92,90 | 91,77 | 107,70 | 96,38 | 1,27 | 1,22 | 7,08 | 102,83 | 6,49 | 2,29 | 1,62 |
| UV 1 | 94,07 | 92,83 | 107,77 | 96,99 | 1,12 | 2,01 | 7,80 | 102,78 | 7,10 | 2,14 | 2,41 |
| UV 3 | 92,07 | 90,83 | 106,23 | 95,95 | 1,06 | 1,52 | 6,69 | 102,25 | 6,06 | 2,08 | 1,92 |
| F3 + UV1 | 90,97 | 89,77 | 105,60 | 95,38 | 1,09 | 1,12 | 6,07 | 102,03 | 5,49 | 2,11 | 1,52 |
| F3 + UV 3 | 93,07 | 91,87 | 107,33 | 96,47 | 1,16 | 1,56 | 7,20 | 102,67 | 6,58 | 2,18 | 1,96 |
| F3 + UV6 | 92,67 | 91,50 | 107,00 | 96,26 | 1,21 | 1,48 | 7,01 | 102,48 | 6,37 | 2,23 | 1,88 |
| F3 + UV8 | 92,97 | 91,83 | 107,40 | 96,42 | 1,28 | 1,45 | 7,16 | 102,61 | 6,53 | 2,30 | 1,85 |
| F3 + UV11 | 92,73 | 91,57 | 107,13 | 96,30 | 1,21 | 1,45 | 7,03 | 102,55 | 6,41 | 2,23 | 1,85 |
| F3 + UV15 | 92,73 | 91,60 | 107,00 | 96,30 | 1,27 | 1,53 | 7,07 | 102,40 | 6,41 | 2,29 | 1,93 |
| | 92,50 | 91,34 | 106,96 | 96,18 | 1,22 | 1,39 | 6,91 | 102,47 | 6,29 | 2,24 | 1,79 |

GCC + Medium

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 92,93 | 92,03 | 106,97 | 96,40 | 1,71 | 1,69 | 7,36 | 101,85 | 6,51 | 2,73 | 2,09 |
| Foco 1 | 90,50 | 89,57 | 104,50 | 95,13 | 1,58 | 1,46 | 6,14 | 100,85 | 5,24 | 2,60 | 1,86 |
| Foco 3 | 92,73 | 91,73 | 105,83 | 96,30 | 1,52 | 2,25 | 7,38 | 101,34 | 6,41 | 2,54 | 2,65 |
| UV 1 | 89,17 | 88,23 | 101,83 | 94,43 | 1,54 | 2,16 | 5,81 | 99,36 | 4,54 | 2,56 | 2,56 |
| UV 3 | 90,83 | 89,57 | 103,47 | 95,31 | 0,96 | 2,35 | 6,39 | 100,75 | 5,42 | 1,98 | 2,75 |
| F3 + UV1 | 90,30 | 89,33 | 103,13 | 95,03 | 1,51 | 2,17 | 6,28 | 100,04 | 5,14 | 2,53 | 2,57 |
| F3 + UV 3 | 91,10 | 89,97 | 104,33 | 95,45 | 1,22 | 2,00 | 6,45 | 101,00 | 5,56 | 2,24 | 2,40 |
| F3 + UV6 | 90,47 | 89,30 | 103,50 | 95,11 | 1,14 | 2,06 | 6,17 | 100,66 | 5,22 | 2,16 | 2,46 |
| F3 + UV8 | 90,43 | 89,40 | 103,83 | 95,10 | 1,39 | 1,83 | 6,15 | 100,62 | 5,21 | 2,41 | 2,23 |
| F3 + UV11 | 90,20 | 89,07 | 103,73 | 94,97 | 1,19 | 1,72 | 5,94 | 100,82 | 5,08 | 2,21 | 2,12 |
| F3 + UV15 | 91,60 | 90,50 | 105,47 | 95,71 | 1,30 | 1,66 | 6,59 | 101,57 | 5,82 | 2,32 | 2,06 |
| | 91,08 | 90,06 | 104,30 | 95,44 | 1,43 | 2,01 | 6,53 | 100,74 | 5,55 | 2,45 | 2,41 |

GCC + V. Retoque

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 90,83 | 89,90 | 104,47 | 95,31 | 1,59 | 1,73 | 6,38 | 100,75 | 5,42 | 2,61 | 2,13 |
| Foco 1 | 91,80 | 90,83 | 105,63 | 95,81 | 1,55 | 1,70 | 6,79 | 101,37 | 5,92 | 2,57 | 2,10 |
| Foco 3 | 90,23 | 89,20 | 103,73 | 94,99 | 1,38 | 1,75 | 6,03 | 100,60 | 5,10 | 2,40 | 2,15 |
| UV 1 | 91,47 | 90,03 | 102,70 | 95,64 | 0,67 | 3,28 | 7,03 | 100,41 | 5,75 | 1,69 | 3,68 |
| UV 3 | 91,37 | 90,07 | 101,80 | 95,59 | 0,92 | 3,77 | 7,32 | 99,55 | 5,70 | 1,94 | 4,17 |
| F3 + UV1 | 90,70 | 89,23 | 101,47 | 95,24 | 0,58 | 3,50 | 6,81 | 99,83 | 5,35 | 1,60 | 3,90 |
| F3 + UV 3 | 90,40 | 88,80 | 100,47 | 95,08 | 0,32 | 3,91 | 6,88 | 99,49 | 5,19 | 1,34 | 4,31 |
| F3 + UV6 | 89,80 | 88,17 | 99,30 | 94,76 | 0,24 | 4,21 | 6,82 | 98,91 | 4,87 | 1,26 | 4,61 |
| F3 + UV8 | 89,33 | 87,73 | 99,00 | 94,52 | 0,29 | 4,06 | 6,56 | 98,75 | 4,63 | 1,31 | 4,46 |
| F3 + UV11 | 89,07 | 87,57 | 99,10 | 94,38 | 0,47 | 3,80 | 6,32 | 98,68 | 4,49 | 1,49 | 4,20 |
| F3 + UV15 | 89,20 | 87,63 | 98,20 | 94,45 | 0,34 | 4,47 | 6,80 | 98,16 | 4,56 | 1,36 | 4,87 |
| | 90,97 | 89,72 | 102,90 | 95,38 | 1,00 | 2,80 | 6,67 | 100,29 | 5,49 | 2,02 | 3,20 |

Alphatex + TiO2 (25:75) + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 97,33 | 95,40 | 112,37 | 98,66 | - 0,04 | 1,53 | 9,03 | 106,42 | 8,77 | 0,98 | 1,93 |
| Foco 1 | 97,57 | 95,63 | 112,80 | 98,78 | - 0,04 | 1,44 | 9,13 | 106,64 | 8,89 | 0,98 | 1,84 |
| Foco 3 | 96,80 | 95,03 | 112,20 | 98,39 | 0,24 | 1,26 | 8,75 | 106,11 | 8,50 | 1,26 | 1,66 |
| UV 1 | 96,23 | 94,30 | 111,50 | 98,10 | - 0,08 | 1,28 | 8,43 | 106,12 | 8,21 | 0,94 | 1,68 |
| UV 3 | 96,23 | 94,23 | 111,33 | 98,10 | - 0,21 | 1,38 | 8,44 | 106,15 | 8,21 | 0,81 | 1,78 |
| F3 + UV1 | 95,87 | 93,83 | 110,83 | 97,91 | - 0,28 | 1,42 | 8,26 | 105,98 | 8,02 | 0,74 | 1,82 |
| F3 + UV 3 | 96,77 | 94,73 | 111,87 | 98,37 | - 0,25 | 1,43 | 8,71 | 106,43 | 8,48 | 0,77 | 1,83 |
| F3 + UV6 | 96,33 | 94,20 | 111,43 | 98,15 | - 0,44 | 1,39 | 8,47 | 106,45 | 8,26 | 0,58 | 1,79 |
| F3 + UV8 | 96,20 | 94,03 | 111,13 | 98,08 | - 0,51 | 1,48 | 8,42 | 106,36 | 8,19 | 0,51 | 1,88 |
| F3 + UV11 | 95,33 | 93,30 | 110,17 | 97,64 | - 0,30 | 1,45 | 8,00 | 105,67 | 7,75 | 0,72 | 1,85 |
| F3 + UV15 | 95,80 | 93,50 | 110,43 | 97,88 | - 0,77 | 1,62 | 8,24 | 106,26 | 7,99 | 0,25 | 2,02 |
| | 96,69 | 94,74 | 111,84 | 98,33 | - 0,09 | 1,39 | 8,68 | 106,26 | 8,44 | 0,93 | 1,79 |

Alphatex + TiO2 (25:75) + Medium

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura 100,00 | DL | Da | Db |
|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|------------|-------------------------|------|--------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | | | | |
| Padrão | 93,67 | 91,73 | 108,67 | 96,78 | - 0,18 | 1,18 | 7,12 | 104,90 | 6,89 | 0,84 | 1,58 |
| Foco 1 | 92,80 | 90,83 | 107,33 | 96,33 | - 0,27 | 1,37 | 6,72 | 104,29 | 6,44 | 0,75 | 1,77 |
| Foco 3 | 94,30 | 91,90 | 108,77 | 97,11 | - 1,01 | 1,57 | 7,48 | 105,74 | 7,22 | 0,01 | 1,97 |
| UV 1 | 93,13 | 90,93 | 107,53 | 96,51 | - 0,69 | 1,49 | 6,89 | 104,82 | 6,62 | 0,33 | 1,89 |
| UV 3 | 94,27 | 91,70 | 108,07 | 97,09 | - 1,32 | 1,97 | 7,59 | 105,62 | 7,20 | - 0,30 | 2,37 |
| F3 + UV1 | 94,47 | 92,17 | 108,80 | 97,19 | - 0,82 | 1,67 | 7,59 | 105,52 | 7,30 | 0,20 | 2,07 |
| F3 + UV 3 | 94,60 | 92,07 | 108,43 | 97,26 | - 1,25 | 1,98 | 7,75 | 105,71 | 7,37 | - 0,23 | 2,38 |
| F3 + UV6 | 93,70 | 91,17 | 107,07 | 96,80 | - 1,28 | 2,18 | 7,38 | 105,03 | 6,91 | - 0,26 | 2,58 |
| F3 + UV8 | 93,53 | 90,97 | 106,60 | 96,71 | - 1,35 | 2,35 | 7,36 | 104,83 | 6,82 | - 0,33 | 2,75 |
| F3 + UV11 | 92,37 | 90,03 | 105,03 | 96,11 | - 0,97 | 2,48 | 6,85 | 103,60 | 6,22 | 0,05 | 2,88 |
| F3 + UV15 | 92,20 | 89,73 | 103,93 | 96,02 | - 1,22 | 3,04 | 7,03 | 103,17 | 6,13 | - 0,20 | 3,44 |
| | 93,89 | 91,62 | 108,23 | 96,90 | - 0,79 | 1,60 | 7,29 | 105,23 | 7,01 | 0,23 | 2,00 |

Alphatex + TiO2 (25:75) + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura 100,00 | DL | Da | Db |
|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|------------|-------------------------|------|------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | | | | |
| Padrão | 96,90 | 95,17 | 111,53 | 98,44 | 0,30 | 1,73 | 8,91 | 105,58 | 8,55 | 1,32 | 2,13 |
| Foco 1 | 96,37 | 94,53 | 110,50 | 98,17 | 0,10 | 1,98 | 8,68 | 105,23 | 8,28 | 1,12 | 2,38 |
| Foco 3 | 96,67 | 95,03 | 111,37 | 98,32 | 0,48 | 1,67 | 8,81 | 105,33 | 8,43 | 1,50 | 2,07 |
| UV 1 | 95,63 | 93,80 | 109,87 | 97,79 | 0,08 | 1,84 | 8,29 | 104,99 | 7,90 | 1,10 | 2,24 |
| UV 3 | 95,93 | 94,07 | 109,77 | 97,95 | 0,03 | 2,12 | 8,50 | 104,92 | 8,06 | 1,05 | 2,52 |
| F3 + UV1 | 95,77 | 93,57 | 109,60 | 97,86 | - 0,59 | 2,10 | 8,36 | 105,52 | 7,97 | 0,43 | 2,50 |
| F3 + UV 3 | 95,60 | 93,73 | 109,03 | 97,78 | 0,01 | 2,33 | 8,41 | 104,52 | 7,89 | 1,03 | 2,73 |
| F3 + UV6 | 94,67 | 92,67 | 107,07 | 97,30 | - 0,26 | 2,86 | 8,13 | 103,71 | 7,41 | 0,76 | 3,26 |
| F3 + UV8 | 94,23 | 92,30 | 105,97 | 97,07 | - 0,16 | 3,23 | 8,10 | 102,95 | 7,18 | 0,86 | 3,63 |
| F3 + UV11 | 93,27 | 91,30 | 103,93 | 96,57 | - 0,25 | 3,79 | 7,93 | 101,89 | 6,68 | 0,77 | 4,19 |
| F3 + UV15 | 92,33 | 90,37 | 100,97 | 96,09 | - 0,29 | 4,96 | 8,23 | 100,11 | 6,20 | 0,73 | 5,36 |
| | 96,12 | 94,27 | 110,24 | 98,04 | 0,06 | 1,96 | 8,56 | 105,16 | 8,15 | 1,08 | 2,36 |

Alphatex + GCC (25:75) + B72

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|---------------|------|------|------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,10 | 91,53 | 107,20 | 96,49 | 0,48 | 1,67 | 7,08 | 103,32 | 6,60 | 1,50 | 2,07 |
| Foco 1 | 92,53 | 91,13 | 106,73 | 96,19 | 0,77 | 1,55 | 6,84 | 102,81 | 6,30 | 1,79 | 1,95 |
| Foco 3 | 92,53 | 91,20 | 106,70 | 96,19 | 0,89 | 1,57 | 6,88 | 102,65 | 6,30 | 1,91 | 1,97 |
| UV 1 | 94,03 | 92,50 | 108,43 | 96,97 | 0,57 | 1,58 | 7,52 | 103,84 | 7,08 | 1,59 | 1,98 |
| UV 3 | 92,67 | 91,20 | 106,97 | 96,26 | 0,65 | 1,50 | 6,86 | 103,07 | 6,37 | 1,67 | 1,90 |
| F3 + UV1 | 93,27 | 91,73 | 107,37 | 96,57 | 0,55 | 1,69 | 7,18 | 103,32 | 6,68 | 1,57 | 2,09 |
| F3 + UV 3 | 92,30 | 90,83 | 106,17 | 96,07 | 0,64 | 1,73 | 6,75 | 102,62 | 6,18 | 1,66 | 2,13 |
| F3 + UV6 | 91,87 | 90,33 | 105,53 | 95,85 | 0,50 | 1,81 | 6,53 | 102,44 | 5,96 | 1,52 | 2,21 |
| F3 + UV8 | 92,00 | 90,57 | 105,70 | 95,92 | 0,69 | 1,80 | 6,64 | 102,31 | 6,03 | 1,71 | 2,20 |
| F3 + UV11 | 91,97 | 90,40 | 105,60 | 95,90 | 0,44 | 1,84 | 6,58 | 102,52 | 6,01 | 1,46 | 2,24 |
| F3 + UV15 | 92,10 | 90,67 | 105,60 | 95,97 | 0,69 | 1,94 | 6,73 | 102,22 | 6,08 | 1,71 | 2,34 |
| | 92,92 | 91,45 | 107,08 | 96,39 | 0,65 | 1,61 | 7,01 | 103,09 | 6,50 | 1,67 | 2,01 |

Alphatex + GCC (25:75) + Medium

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|---------------|------|------|------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 89,83 | 88,87 | 103,40 | 94,78 | 1,50 | 1,66 | 5,87 | 100,34 | 4,89 | 2,52 | 2,06 |
| Foco 1 | 90,57 | 89,53 | 104,17 | 95,17 | 1,39 | 1,72 | 6,18 | 100,81 | 5,28 | 2,41 | 2,12 |
| Foco 3 | 91,90 | 90,57 | 105,33 | 95,86 | 0,87 | 1,96 | 6,70 | 101,89 | 5,97 | 1,89 | 2,36 |
| UV 1 | 88,13 | 86,97 | 100,17 | 93,88 | 1,07 | 2,45 | 5,33 | 98,95 | 3,99 | 2,09 | 2,85 |
| UV 3 | 90,10 | 88,77 | 102,53 | 94,92 | 0,81 | 2,40 | 6,04 | 100,43 | 5,03 | 1,83 | 2,80 |
| F3 + UV1 | 89,80 | 88,33 | 102,00 | 94,76 | 0,55 | 2,52 | 5,89 | 100,42 | 4,87 | 1,57 | 2,92 |
| F3 + UV 3 | 90,27 | 88,93 | 102,57 | 95,01 | 0,82 | 2,50 | 6,16 | 100,41 | 5,12 | 1,84 | 2,90 |
| F3 + UV6 | 89,13 | 87,90 | 101,20 | 94,41 | 0,97 | 2,53 | 5,75 | 99,55 | 4,52 | 1,99 | 2,93 |
| F3 + UV8 | 89,63 | 88,43 | 101,93 | 94,67 | 1,05 | 2,44 | 5,94 | 99,86 | 4,78 | 2,07 | 2,84 |
| F3 + UV11 | 89,63 | 88,37 | 102,27 | 94,67 | 0,93 | 2,23 | 5,80 | 100,23 | 4,78 | 1,95 | 2,63 |
| F3 + UV15 | 89,83 | 88,57 | 101,77 | 94,78 | 0,93 | 2,69 | 6,10 | 99,84 | 4,89 | 1,95 | 3,09 |
| | 90,09 | 88,85 | 102,88 | 94,91 | 1,00 | 2,17 | 6,00 | 100,47 | 5,02 | 2,02 | 2,57 |

Alphatex + GCC (25:75) + V. Retoque

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 91,97 | 91,03 | 105,03 | 95,90 | 1,62 | 2,19 | 7,06 | 100,85 | 6,01 | 2,64 | 2,59 |
| Foco 1 | 91,83 | 90,77 | 105,53 | 95,83 | 1,37 | 1,79 | 6,76 | 101,49 | 5,94 | 2,39 | 2,19 |
| Foco 3 | 91,53 | 90,47 | 105,07 | 95,67 | 1,36 | 1,86 | 6,65 | 101,25 | 5,78 | 2,38 | 2,26 |
| UV 1 | 88,90 | 87,80 | 100,47 | 94,29 | 1,22 | 2,82 | 5,89 | 98,83 | 4,40 | 2,24 | 3,22 |
| UV 3 | 87,47 | 86,30 | 98,17 | 93,52 | 1,05 | 3,23 | 5,54 | 97,74 | 3,63 | 2,07 | 3,63 |
| F3 + UV1 | 91,73 | 90,40 | 103,50 | 95,78 | 0,87 | 2,97 | 7,04 | 100,68 | 5,89 | 1,89 | 3,37 |
| F3 + UV 3 | 91,73 | 90,37 | 102,50 | 95,78 | 0,81 | 3,59 | 7,34 | 100,07 | 5,89 | 1,83 | 3,99 |
| F3 + UV6 | 90,73 | 89,07 | 100,87 | 95,25 | 0,21 | 3,89 | 6,98 | 99,82 | 5,36 | 1,23 | 4,29 |
| F3 + UV8 | 90,90 | 89,30 | 100,43 | 95,34 | 0,34 | 4,28 | 7,31 | 99,35 | 5,45 | 1,36 | 4,68 |
| F3 + UV11 | 91,07 | 89,40 | 100,67 | 95,43 | 0,22 | 4,26 | 7,34 | 99,60 | 5,54 | 1,24 | 4,66 |
| F3 + UV15 | 90,63 | 89,10 | 98,70 | 95,20 | 0,46 | 5,17 | 7,84 | 98,10 | 5,31 | 1,48 | 5,57 |
| | 90,74 | 89,59 | 102,90 | 95,26 | 1,18 | 2,64 | 6,55 | 100,14 | 5,37 | 2,20 | 3,04 |

TiO2 + GCC (25:75) + B72

| Padrão | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|------------|------------------|------|------|------|
| | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 96,00 | 94,33 | 110,83 | 97,98 | 0,39 | 1,52 | 8,43 | 105,21 | 8,09 | 1,41 | 1,92 |
| Foco 1 | 92,73 | 91,07 | 107,33 | 96,30 | 0,28 | 1,32 | 6,76 | 103,70 | 6,41 | 1,30 | 1,72 |
| Foco 3 | 96,23 | 94,43 | 111,30 | 98,10 | 0,16 | 1,40 | 8,49 | 105,73 | 8,21 | 1,18 | 1,80 |
| UV 1 | 95,83 | 93,83 | 110,67 | 97,89 | - 0,22 | 1,50 | 8,27 | 105,81 | 8,00 | 0,80 | 1,90 |
| UV 3 | 95,73 | 93,83 | 110,30 | 97,84 | - 0,04 | 1,65 | 8,27 | 105,39 | 7,95 | 0,98 | 2,05 |
| F3 + UV1 | 94,83 | 93,00 | 109,57 | 97,38 | 0,05 | 1,46 | 7,79 | 105,00 | 7,49 | 1,07 | 1,86 |
| F3 + UV 3 | 95,47 | 93,63 | 110,17 | 97,71 | 0,07 | 1,54 | 8,13 | 105,24 | 7,82 | 1,09 | 1,94 |
| F3 + UV6 | 94,97 | 93,17 | 109,67 | 97,45 | 0,11 | 1,49 | 7,88 | 104,96 | 7,56 | 1,13 | 1,89 |
| F3 + UV8 | 95,07 | 93,13 | 109,73 | 97,50 | - 0,13 | 1,52 | 7,90 | 105,25 | 7,61 | 0,89 | 1,92 |
| F3 + UV11 | 94,70 | 92,87 | 109,03 | 97,31 | 0,04 | 1,69 | 7,79 | 104,68 | 7,42 | 1,06 | 2,09 |
| F3 + UV15 | 95,00 | 93,20 | 109,37 | 97,47 | 0,11 | 1,70 | 7,94 | 104,76 | 7,58 | 1,13 | 2,10 |
| | 95,26 | 93,45 | 110,02 | 97,60 | 0,10 | 1,49 | 8,02 | 105,15 | 7,71 | 1,12 | 1,89 |

TiO2 + GCC (25:75) + Medium

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 93,53 | 91,83 | 108,30 | 96,71 | 0,25 | 1,31 | 7,15 | 104,21 | 6,82 | 1,27 | 1,71 |
| Foco 1 | 93,90 | 91,97 | 108,00 | 96,90 | - 0,17 | 1,75 | 7,38 | 104,39 | 7,01 | 0,85 | 2,15 |
| Foco 3 | 92,63 | 90,73 | 106,87 | 96,25 | - 0,16 | 1,54 | 6,70 | 103,89 | 6,36 | 0,86 | 1,94 |
| UV 1 | 93,53 | 91,57 | 107,57 | 96,71 | - 0,24 | 1,75 | 7,20 | 104,26 | 6,82 | 0,78 | 2,15 |
| UV 3 | 93,73 | 91,70 | 107,53 | 96,82 | - 0,36 | 1,92 | 7,33 | 104,32 | 6,93 | 0,66 | 2,32 |
| F3 + UV1 | 93,93 | 91,93 | 107,87 | 96,92 | - 0,29 | 1,86 | 7,42 | 104,43 | 7,03 | 0,73 | 2,26 |
| F3 + UV 3 | 92,07 | 90,37 | 105,97 | 95,95 | 0,20 | 1,69 | 6,52 | 103,02 | 6,06 | 1,22 | 2,09 |
| F3 + UV6 | 92,00 | 90,10 | 105,63 | 95,92 | - 0,18 | 1,85 | 6,49 | 103,22 | 6,03 | 0,84 | 2,25 |
| F3 + UV8 | 91,10 | 89,17 | 104,00 | 95,45 | - 0,28 | 2,21 | 6,18 | 102,41 | 5,56 | 0,74 | 2,61 |
| F3 + UV11 | 90,33 | 88,43 | 102,87 | 95,04 | - 0,24 | 2,36 | 5,90 | 101,77 | 5,15 | 0,78 | 2,76 |
| F3 + UV15 | 90,83 | 88,80 | 102,83 | 95,31 | - 0,47 | 2,74 | 6,29 | 101,89 | 5,42 | 0,55 | 3,14 |
| | 93,33 | 91,44 | 107,44 | 96,61 | - 0,11 | 1,69 | 7,09 | 104,08 | 6,72 | 0,91 | 2,09 |

TiO2 + GCC (25:75) + V. Retoque

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | - 1,02 | - 0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 94,13 | 92,43 | 109,13 | 97,02 | 0,27 | 1,22 | 7,43 | 104,62 | 7,13 | 1,29 | 1,62 |
| Foco 1 | 93,53 | 91,67 | 108,03 | 96,71 | - 0,06 | 1,47 | 7,14 | 104,37 | 6,82 | 0,96 | 1,87 |
| Foco 3 | 93,73 | 92,00 | 108,00 | 96,82 | 0,19 | 1,63 | 7,32 | 104,03 | 6,93 | 1,21 | 2,03 |
| UV 1 | 92,77 | 90,83 | 106,87 | 96,32 | - 0,21 | 1,64 | 6,79 | 103,92 | 6,43 | 0,81 | 2,04 |
| UV 3 | 93,40 | 91,50 | 107,23 | 96,64 | - 0,13 | 1,86 | 7,18 | 103,94 | 6,75 | 0,89 | 2,26 |
| F3 + UV1 | 92,13 | 90,20 | 106,20 | 95,99 | - 0,24 | 1,59 | 6,46 | 103,63 | 6,10 | 0,78 | 1,99 |
| F3 + UV 3 | 92,77 | 90,67 | 106,10 | 96,32 | - 0,52 | 2,11 | 6,92 | 103,74 | 6,43 | 0,50 | 2,51 |
| F3 + UV6 | 92,00 | 89,87 | 104,70 | 95,92 | - 0,61 | 2,42 | 6,67 | 103,06 | 6,03 | 0,41 | 2,82 |
| F3 + UV8 | 91,37 | 89,03 | 102,70 | 95,59 | - 1,01 | 3,21 | 6,74 | 102,28 | 5,70 | 0,01 | 3,61 |
| F3 + UV11 | 90,77 | 88,40 | 101,07 | 95,27 | - 1,10 | 3,79 | 6,82 | 101,39 | 5,38 | - 0,08 | 4,19 |
| F3 + UV15 | 90,37 | 88,03 | 98,70 | 95,06 | - 1,05 | 4,98 | 7,47 | 99,80 | 5,17 | - 0,03 | 5,38 |
| | 93,21 | 91,33 | 107,37 | 96,55 | - 0,10 | 1,65 | 7,02 | 104,04 | 6,66 | 0,92 | 2,05 |

Tubo

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 87,63 | 86,73 | 100,43 | 93,61 | 1,56 | 1,92 | 5,09 | 98,71 | 3,72 | 2,58 | 2,32 |
| Foco 1 | 85,93 | 84,70 | 96,80 | 92,70 | 0,87 | 2,98 | 4,78 | 97,31 | 2,81 | 1,89 | 3,38 |
| Foco 3 | 86,13 | 85,00 | 96,47 | 92,81 | 1,07 | 3,34 | 5,18 | 96,81 | 2,92 | 2,09 | 3,74 |
| UV 1 | 87,57 | 86,10 | 98,33 | 93,58 | 0,48 | 3,20 | 5,37 | 98,45 | 3,69 | 1,50 | 3,60 |
| UV 3 | 85,70 | 84,27 | 95,20 | 92,57 | 0,48 | 3,83 | 5,23 | 96,67 | 2,68 | 1,50 | 4,23 |
| F3 + UV1 | 86,57 | 85,17 | 96,33 | 93,04 | 0,57 | 3,74 | 5,44 | 97,17 | 3,15 | 1,59 | 4,14 |
| F3 + UV 3 | 87,30 | 85,73 | 95,77 | 93,43 | 0,28 | 4,63 | 6,29 | 96,95 | 3,54 | 1,30 | 5,03 |
| F3 + UV6 | 86,40 | 84,90 | 95,03 | 92,95 | 0,37 | 4,45 | 5,90 | 96,52 | 3,06 | 1,39 | 4,85 |
| F3 + UV8 | 86,07 | 84,43 | 93,67 | 92,77 | 0,10 | 5,08 | 6,29 | 95,92 | 2,88 | 1,12 | 5,48 |
| F3 + UV11 | 84,73 | 83,23 | 91,80 | 92,05 | 0,31 | 5,31 | 6,25 | 94,65 | 2,16 | 1,33 | 5,71 |
| F3 + UV15 | 82,83 | 81,30 | 84,47 | 91,01 | 0,18 | 8,68 | 9,23 | 89,97 | 1,12 | 1,20 | 9,08 |
| | 86,69 | 85,39 | 97,05 | 93,11 | 0,76 | 3,38 | 5,27 | 97,44 | 3,22 | 1,78 | 3,78 |

Cré

| | Y | X | Z | L | a | b | DE (Judds) | % de brancura | DL | Da | Db |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Padrão | 80,80 | 78,70 | 96,00 | 89,89 | -1,02 | -0,40 | | 100,00 | | | |
| Padrão | 80,40 | 79,30 | 83,47 | 89,67 | 0,95 | 7,58 | 8,22 | 88,86 | -0,22 | 1,97 | 7,98 |
| Foco 1 | 80,93 | 79,53 | 84,93 | 89,96 | 0,37 | 7,00 | 7,53 | 90,45 | 0,07 | 1,39 | 7,40 |
| Foco 3 | 80,93 | 79,70 | 85,33 | 89,96 | 0,70 | 6,74 | 7,34 | 90,38 | 0,07 | 1,72 | 7,14 |
| UV 1 | 80,77 | 79,47 | 84,73 | 89,87 | 0,56 | 7,01 | 7,58 | 90,13 | -0,02 | 1,58 | 7,41 |
| UV 3 | 81,43 | 80,13 | 85,63 | 90,24 | 0,59 | 6,91 | 7,49 | 90,62 | 0,35 | 1,61 | 7,31 |
| F3 + UV1 | 81,27 | 79,87 | 85,57 | 90,15 | 0,38 | 6,83 | 7,37 | 90,83 | 0,26 | 1,40 | 7,23 |
| F3 + UV 3 | 80,60 | 79,20 | 84,50 | 89,78 | 0,36 | 7,04 | 7,57 | 90,22 | -0,11 | 1,38 | 7,44 |
| F3 + UV6 | 80,53 | 79,13 | 84,47 | 89,74 | 0,36 | 7,01 | 7,54 | 90,21 | -0,15 | 1,38 | 7,41 |
| F3 + UV8 | 80,60 | 79,10 | 84,40 | 89,78 | 0,16 | 7,11 | 7,60 | 90,36 | -0,11 | 1,18 | 7,51 |
| F3 + UV11 | 80,67 | 79,13 | 84,07 | 89,81 | 0,10 | 7,37 | 7,85 | 90,18 | -0,08 | 1,12 | 7,77 |
| F3 + UV15 | 80,67 | 79,47 | 83,60 | 89,81 | 0,76 | 7,68 | 8,28 | 89,12 | -0,08 | 1,78 | 8,08 |
| | 80,90 | 79,60 | 84,88 | 89,95 | 0,56 | 7,01 | 7,58 | 90,21 | 0,06 | 1,58 | 7,41 |

Legenda:

Fórmulas de cálculo

$$L=10\sqrt{Y}$$

$$a=(17,85X - 17,5Y)/\sqrt{Y}$$

$$b=(7Y - 5,929Z)/\sqrt{Y}$$

$$\Delta L=L \text{ amostra} - L \text{ padrão}$$

$$\Delta a=a \text{ amostra} - a \text{ padrão}$$

$$\Delta b=b \text{ amostra} - b \text{ padrão}$$

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

$$\% \text{ brancura}=\frac{(L-a-b \text{ amostra})}{(L-a-b \text{ padrão})} \times 100$$

**1.2.2. Luz C.
Gráficos.**

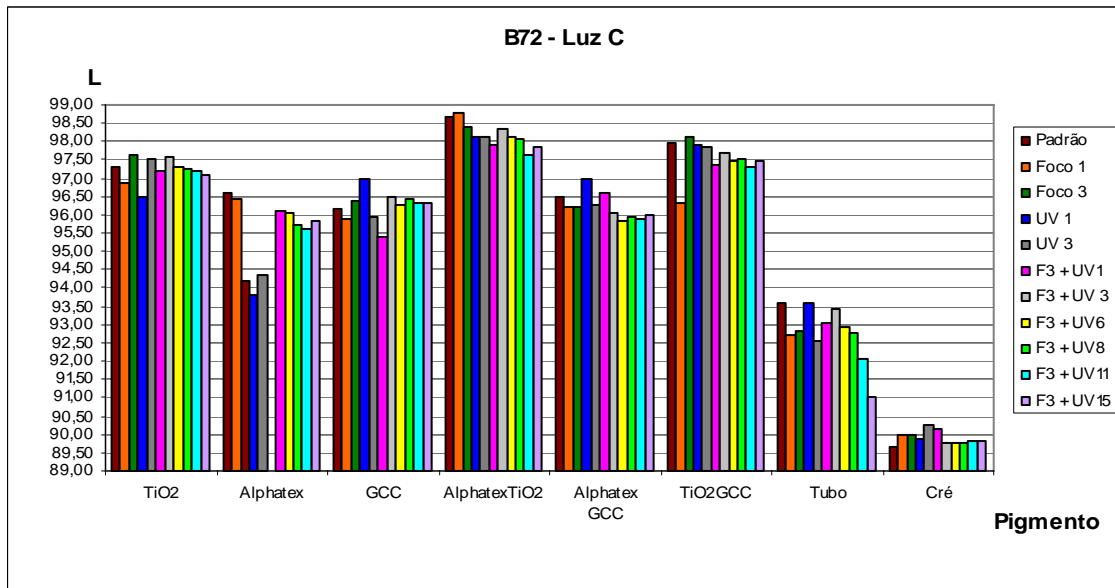


Gráfico 10 – Luz C. Variação de L para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

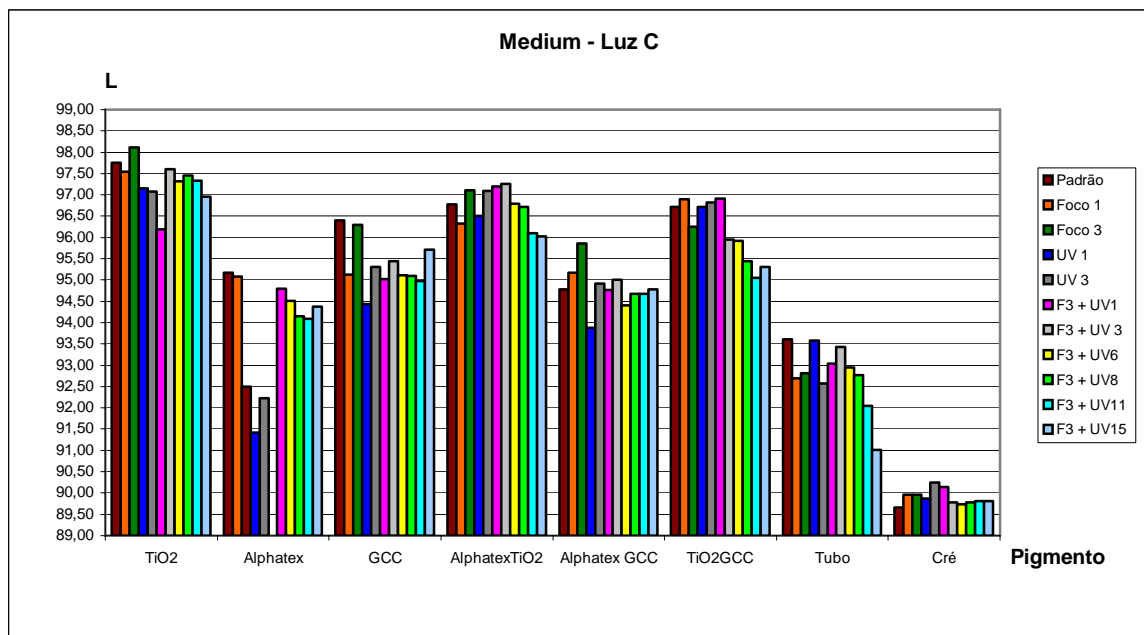


Gráfico 11 – Luz C. Variação de L para pigmentos aglutinados em medium para restauro.

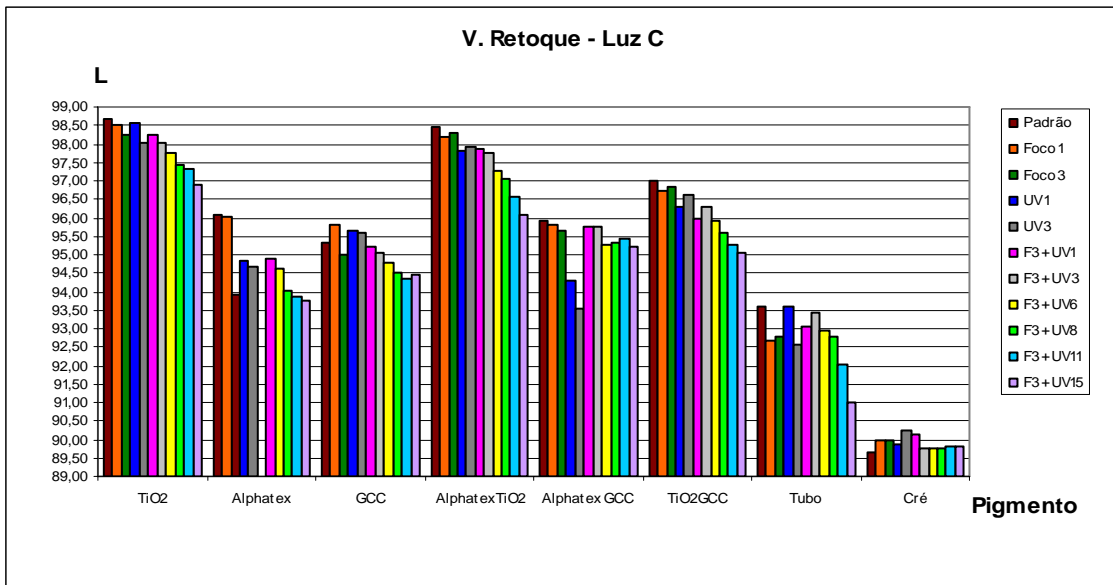


Gráfico 12 – Luz C. Variação de L para pigmentos aglutinados em verniz de retoque.

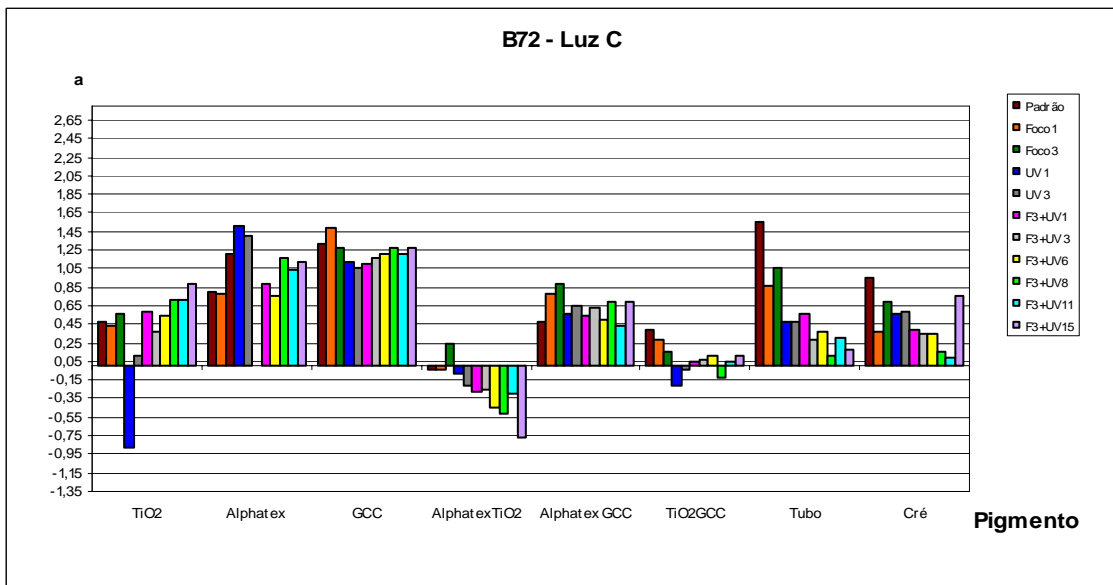


Gráfico 13 – Luz C. Variação de a para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

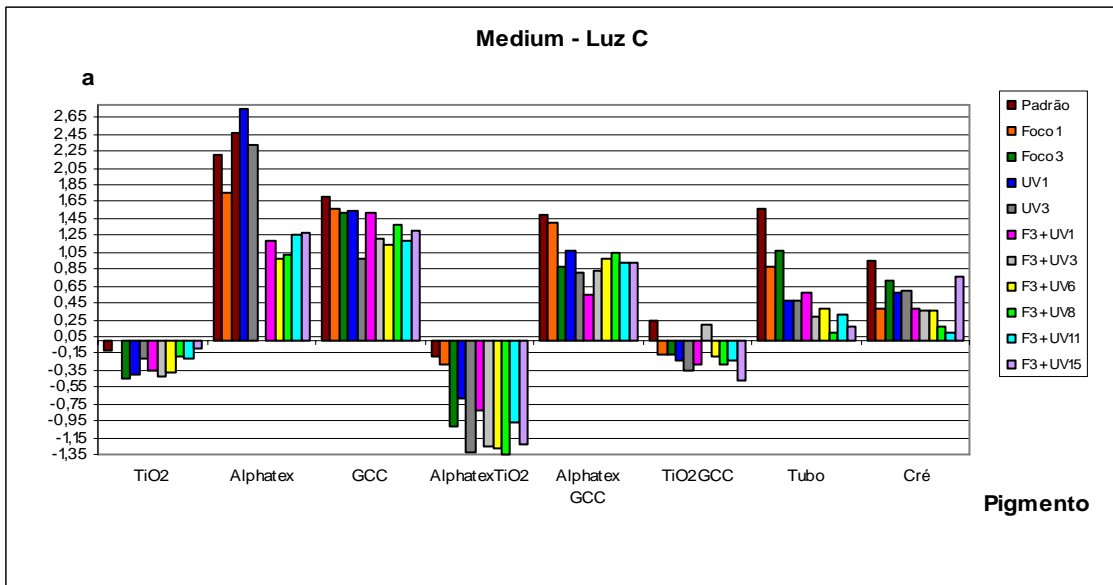


Gráfico 14 – Luz C. Variação de a para pigmentos aglutinados em medium para restauro.

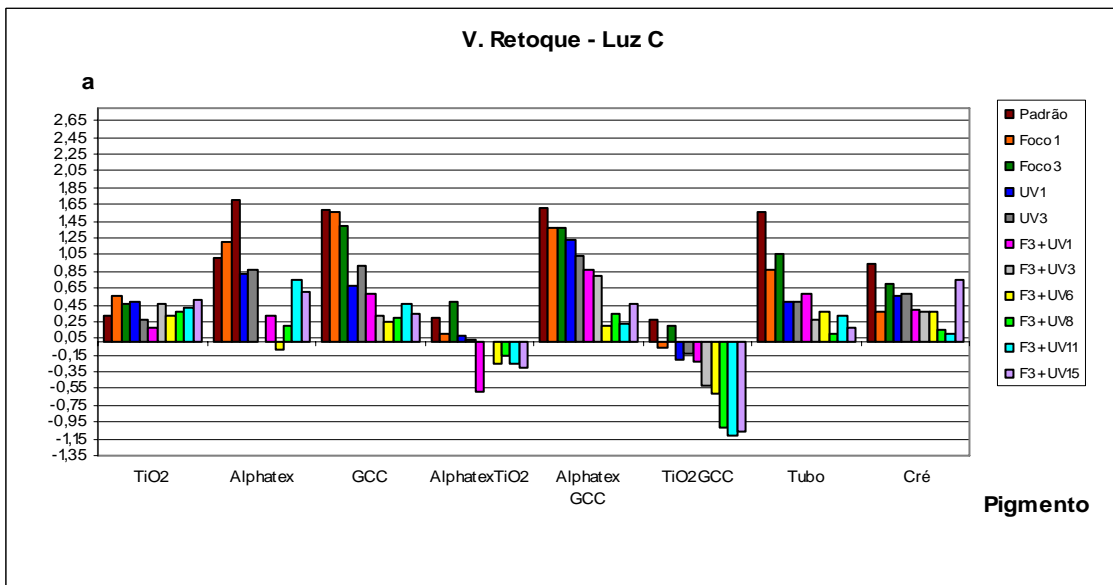


Gráfico 15 – Luz C. Variação de a para pigmentos aglutinados em verniz de retoque.

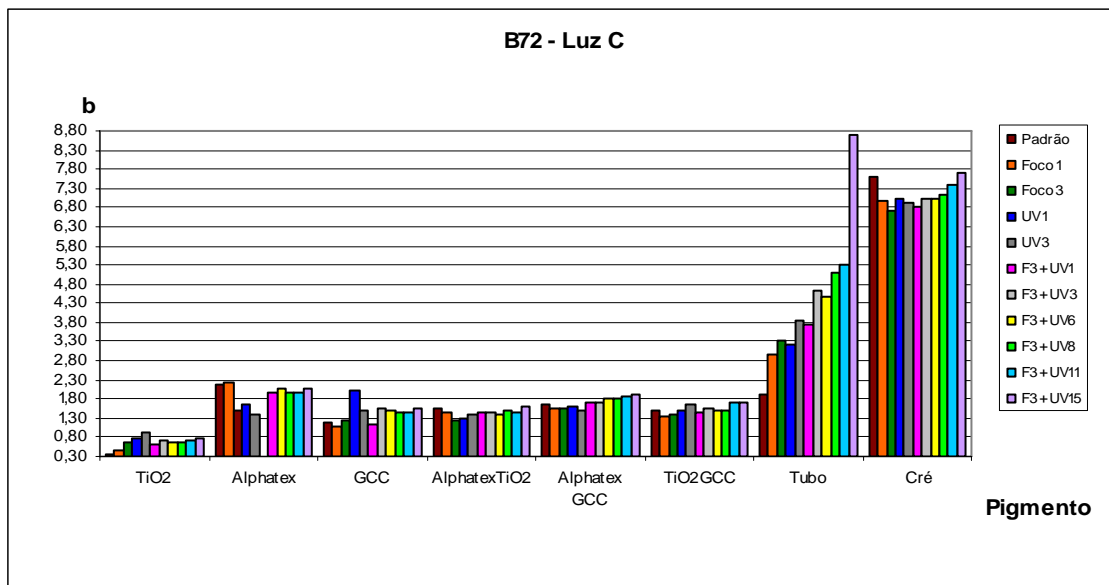


Gráfico 16 – Luz C. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em resina acrílica (Paraloid B72®).

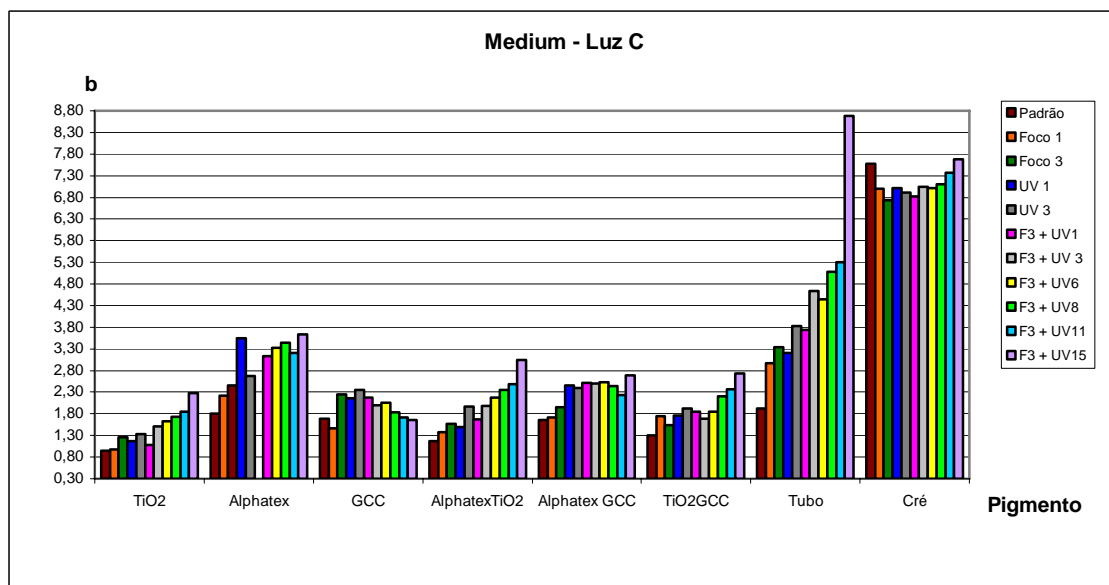


Gráfico 17 – Luz C. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em médium para restauro.

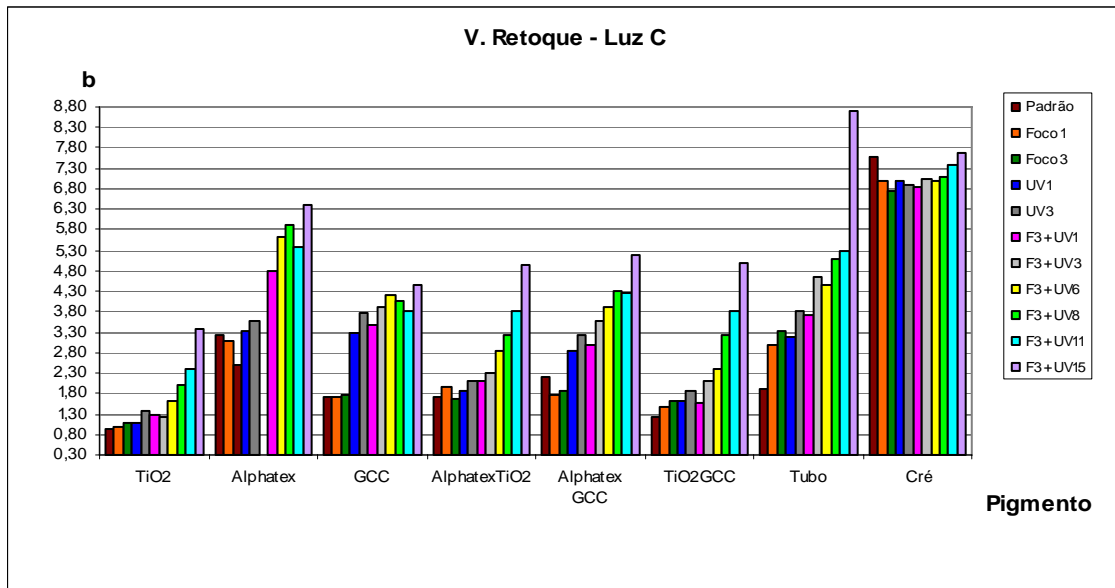


Gráfico 18 – Luz C. Variação de *b* para pigmentos aglutinados em verniz de retoque.