

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Estudo da Formação e Controlo do Fenómeno Eflorescência

Tese de Mestrado

desenvolvida no âmbito da disciplina de

Projecto de Desenvolvimento em Ambiente Empresarial

Ana Lúcia Gomes Edra



Departamento de Engenharia Química

Orientadores na FEUP: **Adélio Mendes**

Domingos Barbosa

Orientador na empresa: **Filomena Braga**

Fevereiro de 2008

Agradecimentos

Ao concluir este projecto não posso deixar de agradecer a todos aqueles que contribuíram para a sua realização e conclusão com sucesso.

Gostaria de agradecer à Engenheira Filomena Braga, à Engenheira Fernanda Oliveira, ao Engenheiro José Luís Nogueira, ao Engenheiro João Machado, ao Professor Adélio Mendes e ao Engenheiro Vasco Lopes pela sua extraordinária orientação, disponibilidade e paciência que sempre demonstraram ao longo de todo este projecto, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Às Engenheiras Catarina Carneiro, Maria João Salvador, Marina Matos, Joana Monteiro e Inês Santos, às analistas Lucinda Sá, Sandra Ferreira e Manuel António Pereira, aos técnicos Carlos Sousa e Pedro Silva, aos analistas Cristiana Alves e Carlos Gaspar Teixeira por todo o apoio e carinho demonstrados durante o tempo que passei nos laboratórios de I&D e de Aplicações de Decorativos.

Resumo

Uma das patologias que ocorre no betão e argamassas de cimento é a deposição de sais extraídos na sua superfície e designa-se por eflorescências. As eflorescências resultam da combinação de três factores, o teor de sais solúveis existentes nos materiais de construção, a presença de água e a força directriz para o transporte da água. Esta tem a capacidade de transportar os sais que cristalizam quando chegam à superfície, sendo possível encontrar depósitos de sulfatos, cloretos, carbonatos e nitratos.

O presente trabalho tem o objectivo de desenvolver um método capaz de reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo, de maneira a compreender o fenómeno e permitir a avaliação do desempenho dos esquemas de pintura, que impeçam o seu aparecimento.

Para concretizar o objectivo deste trabalho, foram estudados três métodos de ensaio, que consistiam na aplicação do esquema de pintura em diferentes substratos, respectivamente em placas de fibrocimento, em placas com *Blockaid* e em argamassa de cimento convencional preparado segundo a norma ASTM D 1734. Os três métodos estudados distinguem-se também pelos diferentes tempos de secagem e exposição na câmara de condensação. Uma vez que não se conseguiu estudar detalhadamente o método dos provetes de argamassa, não foi possível estabelecer qual dos três métodos é o mais recomendável para reproduzir laboratorialmente a formação de eflorescências.

Relativamente ao esquema de pintura, foram testados quatro primários e vinte tintas para exterior, experimentais, de elevada qualidade, distribuídas por duas bases com diferentes composições de dióxido de titânio. Depois de analisados todos os resultados, chegou-se à conclusão que o primário A, de base solvente, apresenta um excelente comportamento, bloqueando totalmente as eflorescências. Quanto à tinta, o ligante B obteve os melhores comportamentos, assim como as tintas com menores PVC's (*pigment volume concentration*). Deste modo, concluiu-se que as tintas com PVC's mais baixos minimizam o aparecimento das eflorescências.

O estudo efectuado permitiu concluir que as eflorescências são provenientes do próprio substrato e não dos componentes presentes na formulação da tinta.

As eflorescências encontradas mais frequentemente são as causadas pelos carbonatos, que se formam devido ao hidróxido de cálcio, presente no substrato. O hidróxido de cálcio é muito solúvel em água e migra facilmente para a superfície. Na superfície, o hidróxido de cálcio reage com o dióxido de carbono presente na atmosfera, originando carbonato de cálcio.

Palavras-Chave: eflorescências, procedimentos, mecanismo, carbonato de cálcio.

Abstract

One of the pathologies that take place in the concrete and mortars from cement is the deposition of salts extracted in its surface and it is designated by efflorescences. The efflorescences result from the combination of three factors, the content of soluble salts existent in the building materials, the presence of water and the ways for the transportation of the water. This one has the ability to transport the salts that crystallize when they reach the surface, becoming possible to find deposits of sulphates, clorets, carbonates and nitrates.

The present work has the goal of developing a method able to reproduce experimentally efflorescences in a short space of time, in addition to understanding the phenomenon and to allow the evaluation of the performance of the schemes of painting, which obstruct the efflorescences appearance.

To make the goal of this work real, three methods of test were studied, which consisted on the application of the scheme of painting on different substrates, respectively on slabs of fibrocement, on slabs with Blockaid and on slabs of mortar from conventional cement prepared according to the standard ASTM D 1734. This three studied methods are distinguished also by the different drying times and times of exposure in the camera of condensation. Once the method applied on slabs of mortar did not manage to be studied in detail, it was not possible to establish which one of the three methods is the most recommendable to reproduce experimentally the formation of efflorescences.

Concerning to the schemes of painting, four primers and twenty experimental architectural coatings, of high quality, were tested, distributed by two paint bases with different compositions of titanium dioxide. All the results were analysed and it was possible to conclude that the primer A, of solvent base, presents an excellent behavior, blockading totally the appearance of efflorescences. As for the architectural coating, the binder B demonstrates a better behavior, as well as the architectural coatings with lower PVC's (pigment volume concentration). In conclusion, the architectural coating with lower PVC's minimize the appearance of efflorescences.

The study allowed concluding that the efflorescences have its origin on the substrate and not on the components of the formulation of the paint.

The efflorescences more frequently found are caused by the carbonates, which are formed due to the calcium hydroxide, present in the substrate. The calcium hydroxide is very soluble in water and it migrates easily to the surface. In the surface, the calcium hydroxide reacts with the carbon dioxide present in the atmosphere, originating calcium carbonate.

Keywords: efflorescence, mechanism, test methods, calcium carbonate.

Índice

Índice	i
Notação e Glossário	iii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Apresentação do Projecto	1
1.2 Contributos do Trabalho	3
1.3 Organização da Tese.....	3
2 Estado da Arte	4
3 Descrição Técnica e Discussão dos Resultados	7
3.1.1 Determinação do melhor esquema de pintura – Primários	12
3.2 Método 2 - Placa com Blockaid	15
3.2.1 Determinação do melhor esquema de pintura – Primários	20
3.3 Método 3 - Provetes de argamassa de cimento	23
3.4 Comparação dos três métodos.....	25
3.5 Identificação dos sais e compreensão do fenómeno.....	28
4 Conclusões.....	32
5 Avaliação do trabalho realizado.....	34
5.1 Objectivos Realizados	34
5.2 Outros Trabalhos Realizados.....	34
5.3 Limitações e Trabalho Futuro	35
5.4 Apreciação final	36
Referências	37
Anexo 1 Características das tintas experimentais	38
Anexo 2 Fotografias dos Resultados Experimentais	40
2.1 Métodos das placas de fibrocimento	40
2.1.1 Determinação do melhor esquema de pintura – primários	42
2.2 Método das placas com Blockaid	56
2.2.1 Determinação do melhor esquema de pintura – primários	59

2.3	Método 3 - Provetes de argamassa de cimento	72
2.4	Comparação dos dois métodos	73
2.5	Identificação dos sais - Fotografias e espectros.....	89

Notação e Glossário

Lista de Siglas

PVC *Pigment volum concentration*

SEM Microscópio electrónico de varrimento

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projecto

A patologia das edificações é um problema aparentemente difícil de solucionar com reflexos económicos para os construtores e fabricantes. Nas fachadas dos edifícios podemos observar, em muitas ocasiões, defeitos estéticos devido à acção dos agentes erosivos do meio ambiente. Estes agentes juntamente com os sais presentes nos materiais utilizados na construção civil podem afectar as alvenarias e concretos, devido à formação de sais na região interior ou exterior das construções. A este fenómeno dá-se o nome de eflorescências. Como consequência deste processo aparecem manchas à superfície que alteram o aspecto visual do revestimento (ver Brito).

As eflorescências são depósitos salinos que ocorrem pela cristalização dos sais das soluções aquosas, cuja saturação foi atingida pela evaporação do solvente. Também podem ser designados por cripto-eflorescências, quando ocorrem no interior dos poros do material a considerar. A cristalização dos sais à superfície não produz esforços mecânicos, enquanto a evaporação no interior pode levar a esforços mecânicos consideráveis, causando danos na durabilidade e resistências dos materiais. Os danos nas aparências das construções são intensificados quando há um contraste de cor entre os sais e a alvenaria (ver Ferreira, 2006).

As condições necessárias para que ocorra a formação desses sais são a coexistência de: água, sais solúveis nos materiais de construção e condições ambientais e de estrutura que permitam a evaporação da água (ver Nogueira, 2006).

Um dos aspectos que ainda não tinha sido estabelecido era se os sais formados nas eflorescências são provenientes do substrato ou do revestimento. Sabendo a causa das eflorescências, as tintas podem ser usadas para evitar o aparecimento de sais à superfície.

A solução para este problema está na aplicação de revestimentos por pintura que minimizem as eflorescências. O revestimento é constituído pelo conjunto de tintas nas espessuras especificadas a aplicar sobre a superfície – esquema de pintura. Normalmente, quando se fala em esquema de pintura, o primeiro produto a ser aplicado designa-se por primário. Este produto é aplicado antes da tinta e tem como objectivos: garantir que a tinta de acabamento adira melhor à superfície, actuar como selante em superfícies porosas, impedir que a alcalinidade da parede ataque a pintura de acabamento e cobrir manchas ou diferenças de cor (ver Manual de Produtos, 2007). A seguir ao primário, aplica-se a tinta de acabamento.

Uma tinta é uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada no estado em que é fornecida ou após fusão, é convertível ao fim de certo tempo numa película sólida, corada e opaca.

O pigmento é geralmente sólido e serve para conferir opacidade e cor à tinta. A carga é uma substância inorgânica, não existem para dar opacidade mas sim para dar corpo à tinta. O veículo ou ligante é o responsável pela película sólida da tinta, podendo ser resinas naturais, artificiais ou sintéticas. O solvente e o diluente são os veículos voláteis, que ajudam a dissolver o veículo fixo. Os aditivos são adicionados em pequenas percentagens com o objectivo de melhorar determinadas características da tinta (ver Manual de Tintas, 2007).

Através da quantidade de ligante, pigmentos e cargas presentes na tinta, os químicos usam um índice denominado PVC (concentração do volume do pigmento). Este valor é uma comparação de volumes relativos. Diminuir o PVC, consiste em aumentar a percentagem de ligante e diminuindo a percentagem de sólidos, em volume.

Cada qualidade de tintas é constituída por uma variedade de produtos. Existem os brancos, com elevada concentração de dióxido de titânio, usados para tons pastel e as bases tintométricas, com diferentes concentrações de dióxido de titânio, que são usadas para cores mais fortes. Estas bases existem para garantir que se reproduza sempre a mesma cor.

Depois de se saber como se formam as eflorescências e como podem ser combatidas, é necessário desenvolver um método capaz de reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo. De maneira a compreender o fenómeno e permitir a avaliação do desempenho dos esquemas de pintura, que impeçam o seu aparecimento.

Assim, foram estudados detalhadamente três métodos de ensaio, que consistiam na aplicação do esquema de pintura em diferentes substratos, respectivamente em fibrocimento, em *Blockaid* e em argamassa de cimento convencional. Os três métodos estudados distinguem-se também pelos diferentes tempos de secagem e exposição na câmara de condensação.

Outro objectivo é também determinar um esquema de pintura, testando vários primários e várias tintas para exterior de elevada qualidade, com diferentes formulações. Algumas tintas da concorrência também foram estudadas, com o objectivo de verificar se os outros fabricantes passam por problemas idênticos. Depois de se estudarem os métodos, pretende-se identificar os sais formados na superfície das tintas, para compreensão do fenómeno eflorescências.

Sabendo quais os sais envolvidos, tentou-se relacioná-los com os componentes presentes no substrato e na tinta. Com isto pretende-se determinar a proveniência dos sais e perceber o fenómeno eflorescências.

1.2 Contributos do Trabalho

Um dos aspectos inovadores que se conseguiu com este trabalho foi testar vários métodos, que até agora ainda não tinham sido estudados. Assim, caminha-se para o desenvolvimento de um método normalizado que reproduz eflorescências num curto espaço de tempo.

Outro aspecto que também ainda não tinha sido estudado foi a determinação dos sais formados na superfície da película, sujeita aos métodos em causa. Deste modo, foi possível entender e explicar o fenómeno. Sabendo a causa das eflorescências é agora possível encontrar um esquema de pintura que impeça a formação dos sais à superfície da tinta.

1.3 Organização da Tese

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, mais as referências e os anexos.

O primeiro capítulo diz respeito à introdução, em que se explica o que são as eflorescências, uma tinta e se apresentam os objectivos e metodologias do trabalho.

No segundo capítulo dá-se a conhecer o estado da arte no que diz respeito ao estudo do fenómeno das eflorescências, referindo-se que métodos existem para avaliar o comportamento dos revestimentos e identificação dos sais formados.

No terceiro capítulo apresentam-se os resultados obtidos pelos métodos estudados, os sais identificados e o mecanismo que ocorre nas eflorescências. Além disso, pode ler-se a discussão dos resultados.

No quarto capítulo esquematizam-se as conclusões tiradas ao trabalho efectuado, respondendo aos objectivos iniciais do trabalho.

No quinto capítulo referem-se os objectivos alcançados, outros trabalhos realizados, limitações e trabalho a efectuar no futuro e a apreciação pessoal final.

No anexo 1 podem ser consultadas algumas características das tintas para exterior estudadas ao longo do projecto, como viscosidades, densidade, brilhos, PVC's, entre outras.

No anexo 2 encontram-se as fotografias dos comportamentos dos esquemas de pintura, sujeitos aos vários métodos, que não foram apresentadas durante a discussão de resultados.

2 Estado da Arte

Desde sempre que os arquitectos têm tentado combater os problemas associados à humidade em edifícios. Vitruvius (sec. I a.c.) já recomendava a utilização de paredes duplas de modo a minimizar a penetração das chuvas nas mesmas, e reboco hidráulico para a redução da ascensão capilar na base dos paramentos.

Nas primeiras décadas do século XX, a indústria da construção desenvolveu algumas soluções e vários produtos e aditivos para alvenarias foram patenteados nos Estados Unidos.

Entre as guerras, foram pela primeira vez executados vários estudos relativos ao aparecimento de eflorescências, formando uma base científica para a compreensão destes fenómenos (ver Cabaça, 2002). O objectivo principal seria o de encontrar métodos que reproduzissem o depósito de sais à superfície do revestimento. Deste modo, efectuou-se uma procura e todos os métodos encontrados em artigos eram referentes à produção de provetes de argamassa de cimento convencional. Estes provetes eram depois sujeitos a tempos de cura diferentes, em condições de temperatura e humidade especificados. Podem-se referir as normas ASTM C67, ASTM D 1734, ASTM D 7072, ASTM 4585, CSA A82.2 e NP 80.

Estudando o método, era possível perceber que factores contribuíam para o aparecimento das eflorescências. Existem muitos métodos para avaliar os sais formados. Entre eles, estão a difracção raio-X, microscopia electrónica de varrimento, cromatografia iónica e o espectrofotómetro de infravermelho (ver Andrade, 2007). Através destes métodos é possível determinar quais os sais que se manifestam mais frequentemente: os carbonatos, presentes em materiais de construção; os sulfatos, que são bastantes higroscópicos e solúveis; os nitratos, de origem orgânica, mais frequentes em ambientes rurais e os cloretos, provenientes da água e ambiente marinhos (ver Eflorescências). Com fenolftaleína, um ácido-base indicador, ou ácido hidrocloreídrico fraco pode-se também medir a localização e depósito da carbonatação. Através de um fotómetro de cor é possível avaliar os efeitos das eflorescências na superfície do betão/reboco.

Fazendo várias pesquisas, encontraram-se artigos que apontavam a percentagem de cimento e aditivos, a mistura de água, o rácio de água/cimento, a permeabilidade e condições de cura da argamassa, como sendo as principais causas das eflorescências (ver BASF, 2006).

As eflorescências podem ser consideravelmente reduzidas se vários cuidados forem considerados na indústria da construção. Como tal, descobriu-se que usando cimento Portland com baixa percentagem de alcalis e inertes, assim como a percentagem de água usada na

preparação da argamassa, deve ser rigorosamente controlada. A água a usar deve ser o suficiente para permitir hidratar, amassar e trabalhar a argamassa, nunca em excesso. Isto porque ao evaporar-se, o betão/reboco perdem volume, processo que se designa por retracção. Durante este processo, existe fissuração. A formação destes poros e capilares pequenos tornam o substrato susceptível à penetração da água da chuva ou do solo (ver Nogueira, 2006).

De forma a evitar a retracção, devem ser adicionados adjuvantes às argamassas. Estes adjuvantes podem ser: redutores de água, plastificantes ou superplastificantes, aceleradores de presa, aceleradores de endurecimento, retardadores de presa, introdutores de ar, hidrófugos, entre outros. Os mais usados são os redutores de água, carregando electricamente as partículas de cimento. Deste modo, elas afastam-se umas das outras por repulsão e libertam a água retida entre elas. Outra vantagem do uso destes aditivos é que torna a argamassa com maior trabalhabilidade e resistência, sem a adição de água.

Vários estudos efectuados indicam que diminuindo a percentagem de cimento, a percentagem de alcalis, minimizando o rácio de cimento/água e a permeabilidade da argamassa, assim como o uso de aditivos, consegue-se reduzir o efeito das eflorescências (ver BASF, 2006).

O fenómeno eflorescências há muito que tem vindo a ser estudado pela empresa. Anteriormente já foram estudados vários métodos, mas nunca chegando a um que reproduzisse resultados num curto espaço de tempo.

O primeiro estudo efectuado pela empresa baseou-se na preparação de provetes de betão segundo a norma ASTM D 7072, sujeitos depois ao ensaio de envelhecimento no Klimatron. Este método não se mostrou satisfatório. De seguida, testaram-se os provetes preparados segundo a mesma norma, mas sujeitos à câmara de condensação. Este método tornou-se mais satisfatório, embora muito demorado.

Outro método também já usado pela empresa, é denominado por “Método Eliokem”. Consiste em aplicar os esquemas de pintura em estudo sobre tijolos húmidos e secos, sendo depois mergulhados numa solução aquosa de cloreto de sódio em excesso. Os resultados são avaliados ao fim de quatro semanas, tornando-se demorado.

Assim, mais pesquisas foram feitas com o objectivo de encontrar outros métodos mais rápidos que os anteriores. Foram encontrados cinco métodos para avaliar as eflorescências. O primeiro estava de acordo com as normas ASTM D 1734 e D 7072 e consiste em preparar provetes de argamassa de cimento apenas com 24 h de cura. Depois os provetes devem ser sujeitos à câmara de condensação durante 48 h. O segundo método consiste em aplicar os esquemas de pintura em estudo sobre uma placa de fibrocimento comprida. A placa é exposta

72 h às condições da câmara de condensação. O terceiro método baseia-se no uso de material cimentício de alta alcalinidade, designado por Blockaid, que misturado com água forma uma pasta. Este produto tem um tempo de cura de 4h e consegue resultados em 24h. O quarto método constava em aplicar o esquema de pintura num tijolo, sendo que as demãos aplicadas nos diversos lados variavam. Depois de uma semana de cura, os tijolos eram depois mergulhados numa solução aquosa de sulfato de sódio a 1%, durante três dias. O último método consistia em preparar provetes de argamassa com água, cimento, areia e cal com uma cura de 24h. Depois de aplicado o esquema de pintura, em secções com uma e duas demãos, os provetes eram mergulhados em solução aquosa de hidróxido de sódio a 5%. Os resultados eram avaliados de sete em sete dias, durante oito semanas.

3 Descrição Técnica e Discussão dos Resultados

Depois de efectuadas as pesquisas, obtiveram-se cinco métodos que se diferenciavam no substrato, no tempo de secagem e na obtenção do resultado final. Depois de os estudar detalhadamente, as experiências foram iniciadas seguindo as instruções presentes nas normas. Rapidamente, foram eliminados os últimos dois métodos descritos no capítulo anterior, devido ao elevado tempo para se obter resultados.

Sobraram os três primeiros métodos que pareciam mais rápidos e consistentes. Contudo, era necessário encomendar alguns materiais específicos presentes nas normas.

Deste modo, começou-se por fabricar várias tintas para exterior com diferentes formulações com o objectivo de avaliar os seus comportamentos nos três métodos. A primeira variável a mudar, foi a carga, de maneira a verificar se os sais formados nas eflorescências eram influenciados pela carga. Normalmente a carga usada é carbonato de cálcio, uma vez que permite um preço adequado da tinta. No entanto, se o uso de outra carga diminuir o aparecimento das eflorescências, justifica a subida do preço final da tinta. De seguida, estudaram-se quatro ligantes diferentes com o intuito de observar qual obtinha melhor comportamento. Por último, estudou-se o comportamento das tintas com a diminuição do PVC, apenas na base sem dióxido de titânio. O estudo destas três variáveis foi feito numa base Pastel, com maior percentagem de dióxido de titânio e numa base Transparente, sem a presença de dióxido de titânio na sua formulação. Este facto pretende verificar a influência do dióxido de titânio no fenómeno eflorescências. No Anexo 1 podem-se ler as diferentes características entre as vinte tintas experimentais para exterior que foram testadas.

As tintas experimentais foram testadas fazendo um corte com 3% de corante azul (Phtalo Blue).

Depois de submeter os vários substratos em estudo à câmara de condensação, segundo a norma ASTM 4585, durante o tempo referido no método, os resultados eram avaliados. A avaliação do resultado final baseava-se em observar as manchas e sais formados na superfície do revestimento. De acordo com o que se formava, atribuía-se um valor da seguinte escala:

- 0 – Ausência de qualquer alteração
- 1 – Ligeiro manchamento
- 2 – Algum manchamento
- 3 – Razoável manchamento
- 4 – Manchamento severo

3.1 Método 1 - Placas de Fibrocimento

O primeiro método a ser estudado foi o das placas de fibrocimento, já existentes na empresa, que demorava um total de 100 h até se obterem resultados. Ao fim de 72 h na câmara de condensação, os resultados eram avaliados segundo a escala descrita anteriormente. Todos os ensaios foram realizados em duplicado, sendo os seguintes valores a média dos dois ensaios.

Os resultados das diversas tintas experimentais na base Pastel, com elevada percentagem de dióxido de titânio, podem-se observar na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

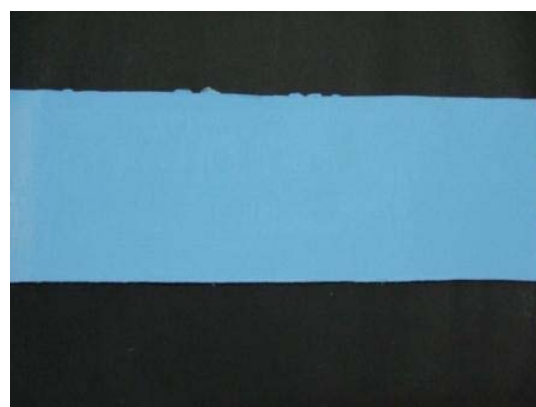
Tabela 1 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Pastel, sujeitas ao método das placas de fibrocimento.

Tintas	Escala em Fibrocimento
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	1
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	1
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	2

De seguida são mostradas duas fotografias das placas de fibrocimento, com o melhor e o pior comportamento. As restantes fotografias das outras tintas experimentais encontram-se no Anexo 2.



(a)



(b)

Figura 1 – Fotografia das placas após ensaio de 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 .

Observando a tabela anterior pode-se verificar que os ligantes B e D, ambos com carbonato de cálcio são os que apresentam melhor comportamento. A mudança da carga de carbonato de cálcio para sulfato de bário piorou o comportamento de todas as tintas experimentais.

Na base Transparente, sem dióxido de titânio, as alterações efectuadas nas tintas experimentais foram as mesmas que as realizadas na base Pastel, com mais a variável do PVC. Os resultados das várias tintas experimentais sujeitas a este método apresentam-se na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 2 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente, sujeitas ao método das placas de fibrocimento.

Tintas	Escala em Fibrocimento
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	1
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 , < PVC	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 , < PVC	1
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 , > PVC	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 , < PVC	2

As fotografias apresentadas de seguida mostram um bom e mau comportamento das tintas para exterior, testadas. As restantes fotografias das outras tintas experimentais encontram-se no Anexo 2.

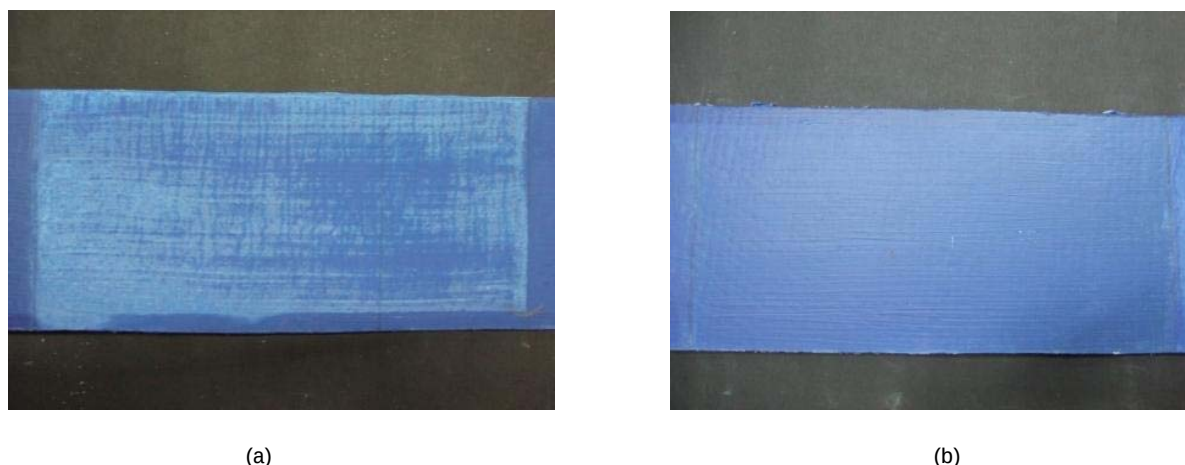


Figura 2 – Fotografia das placas após ensaio de 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4 .

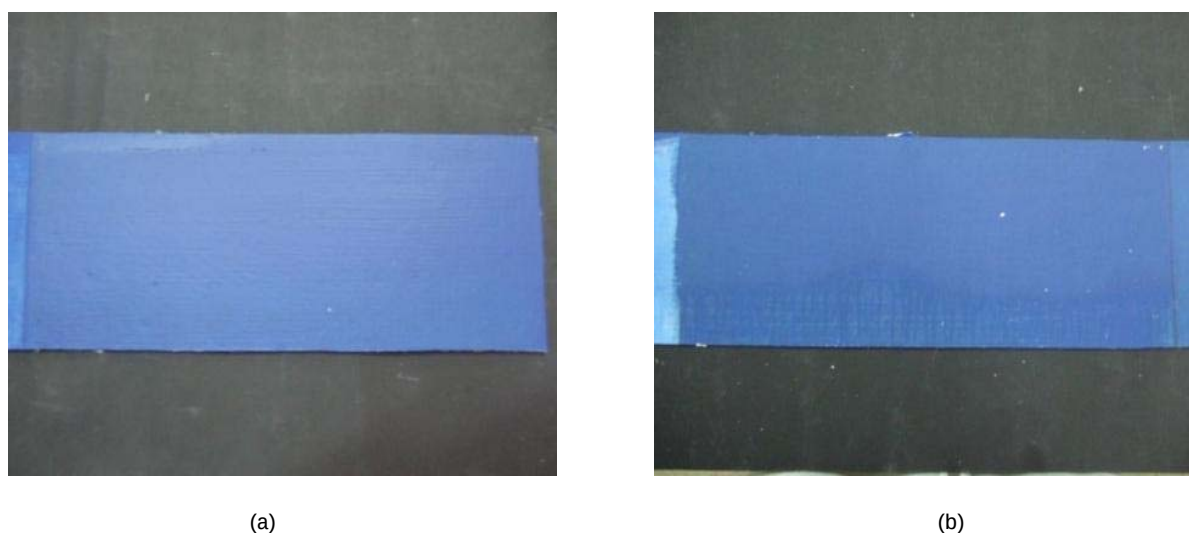


Figura 3 – Fotografia das placas após ensaio de 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante B, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A, CaCO_3 e menor PVC.

Analisando a tabela 2, observa-se que as tintas experimentais que apresentam melhores comportamentos correspondem ao ligante C com sulfato de bário e ao ligante B com carbonato de cálcio e menor PVC. No entanto, a formulação da tinta experimental com o ligante C corresponde a um PVC mais baixo e por isso apresenta um excelente comportamento. Assim, pode-se afirmar que as tintas com menor PVC são menos susceptíveis de reproduzir eflorescências. Como já foi explicado anteriormente, diminuir o PVC corresponde a aumentar a percentagem de ligante e diminuir a percentagem de pigmentos e

cargas, em volume. Se temos mais ligante então a tinta vai ser menos porosa, mais fechada e menos susceptível de deixar passar a água e os sais, não formando depósitos à superfície.

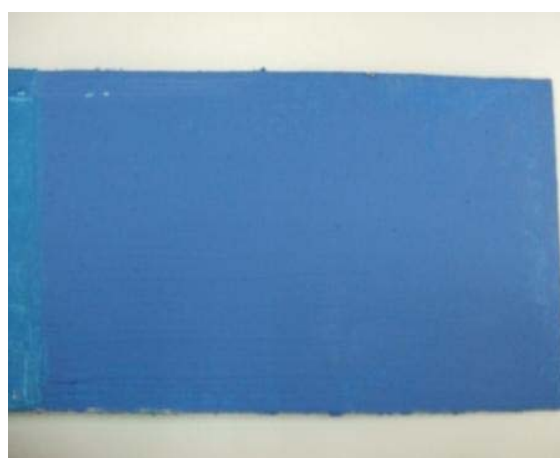
Nesta base, a mudança da carga para sulfato de bário melhorou ligeiramente o comportamento de quase todas as tintas experimentais. Provavelmente, o sulfato de bário liga-se melhor a todos os componentes da tinta, tornando-a menos porosa. No entanto, este aspecto tem de ser estudado mais detalhadamente, pois é só uma possibilidade.

De maneira a verificar se as tintas para exterior, de outros fabricantes apresentavam os mesmos problemas com as eflorescências, foram também submetidas a este método. No entanto, a cor das tintas que foram testadas é um pouco diferente, mais escura. Os resultados estão registados na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 3 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas para exterior de outros fabricantes, sujeitas ao método das placas de fibrocimento.

Tintas	Escala em Fibrocimento
Tinta exterior do fabricante A	1
Tinta exterior do fabricante B	2
Tinta exterior do fabricante C	3

De seguida são apresentadas algumas fotografias das tintas para exterior de outros fabricantes sujeitas ao método das placas de fibrocimento.



(a)



(b)

Figura 4 – Fotografia das placas após ensaio 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta para exterior do fabricante A; (b) da tinta para exterior do fabricante B.

Pode-se observar que a tinta para exterior do fabricante A é que apresenta melhor comportamento, sendo a tinta para exterior do fabricante C com o pior comportamento. Assim, é possível verificar que os outros fabricantes também se deparam com problemas idênticos.

3.1.1 Determinação do melhor esquema de pintura – Primários

O que existe de facto no mercado são esquemas de pintura. De maneira a estudar o melhor esquema de pintura que minimize o aparecimento de eflorescências, testaram-se também vários primários. A diferença para o método anterior era apenas o processo de secagem ser um pouco mais longo. Primeiro aplica-se o primário e depois a tinta experimental. Em todos os ensaios foi deixada uma secção sem primário, mas com tinta, para se poder analisar a influência do primário. Começou-se por testar o primário A de base solvente e de seguida os restantes primários. O valor da escala atribuída na coluna sem primário é a média dos ensaios para todos os primários. Os resultados obtidos para todos os primários podem-se observar na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 4 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Pastel com os primários A, B, C, D e sem primário, sujeitas ao método das placas de fibrocimento.

Tintas	S/primário	Primário A	Primário B	Primário C	Primário D
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	2	0	2	2	1
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	3	0	2	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	1	0	1	1	1
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	2	0	2	2	1
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	3	0	3	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	4	0	3	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	3	0	1	2	1
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	2	0	2	1	1

De seguida, são mostradas algumas fotografias das placas com o primário e a tinta experimental e sem primário, na base Pastel, após permanência na câmara de condensação. São apenas alguns exemplos de um bom e mau comportamento, uma vez que as restantes se encontram no Anexo 2.

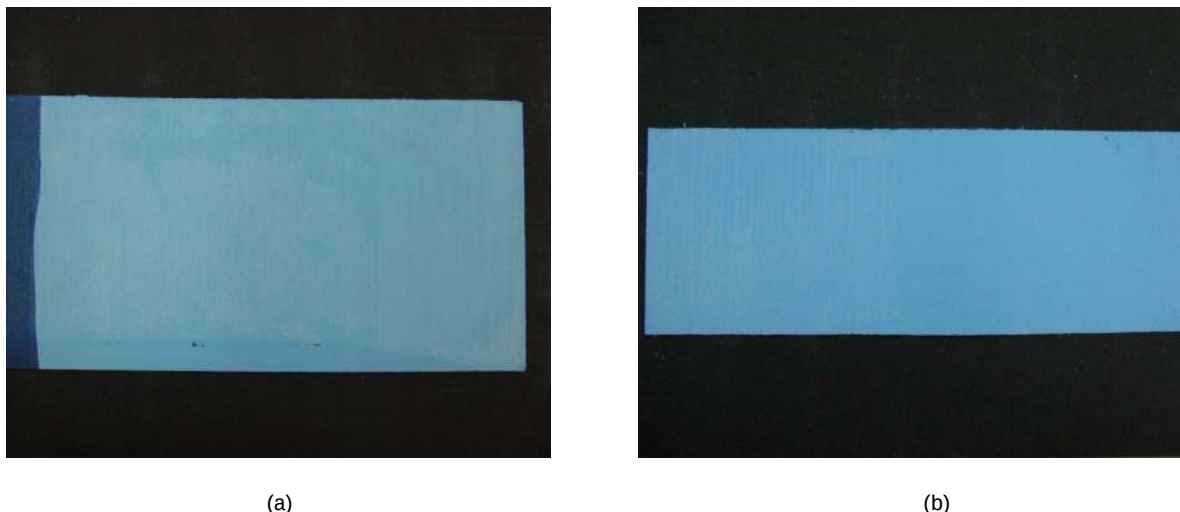


Figura 5 – Fotografia das placas após ensaio de 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 com o primário B (s/primário à direita e com primário à esquerda); (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 com o primário A (s/primário à esquerda e com primário à direita).

De todos os primários estudados na base Pastel, o melhor é sem dúvida o primário A, de base solvente, uma vez que eliminou por completo o aparecimento das eflorescências. Os restantes não apresentam comportamentos a considerar. Este resultado do primário A pode dever-se ao facto de quando o primário é aplicado, ele penetra no substrato e tapa os capilares. Deste modo, com a rede de poros bloqueada a água não tem como entrar/sair e trazer os sais dissolvidos até à superfície do substrato. Assim não temos sais cristalizados à superfície do revestimento.

O estudo deste método com os quatro primários e as tintas para exterior experimentais na base Transparente foi efectuado da mesma forma que na base Pastel. O valor da escala atribuída na coluna sem primário é a média dos ensaios para todos os primários. Os resultados obtidos para cada primário estudado encontram-se na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 5 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente com os primários A, B, C, D e sem primário, sujeitas ao método das placas de fibrocimento.

Tintas	S/primário	Primário A	Primário B	Primário C	Primário D
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	4	0	4	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	3	0	3	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	3	0	4	3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	2	0	3	2	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	3	0	4	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	2	0	3	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	4	0	4	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	3	0	3	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 , < PVC	2	0	1	1	1
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 , < PVC	1	0	0	0	1
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 , > PVC	4	0	4	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 , < PVC	3	0	2	3	2

De seguida, são mostradas algumas fotografias das placas com o primário e a tinta experimental e sem primário, na base Transparente, após permanência na câmara de condensação. São apenas alguns exemplos de um bom e mau comportamento, uma vez que as restantes se encontram no Anexo 2.

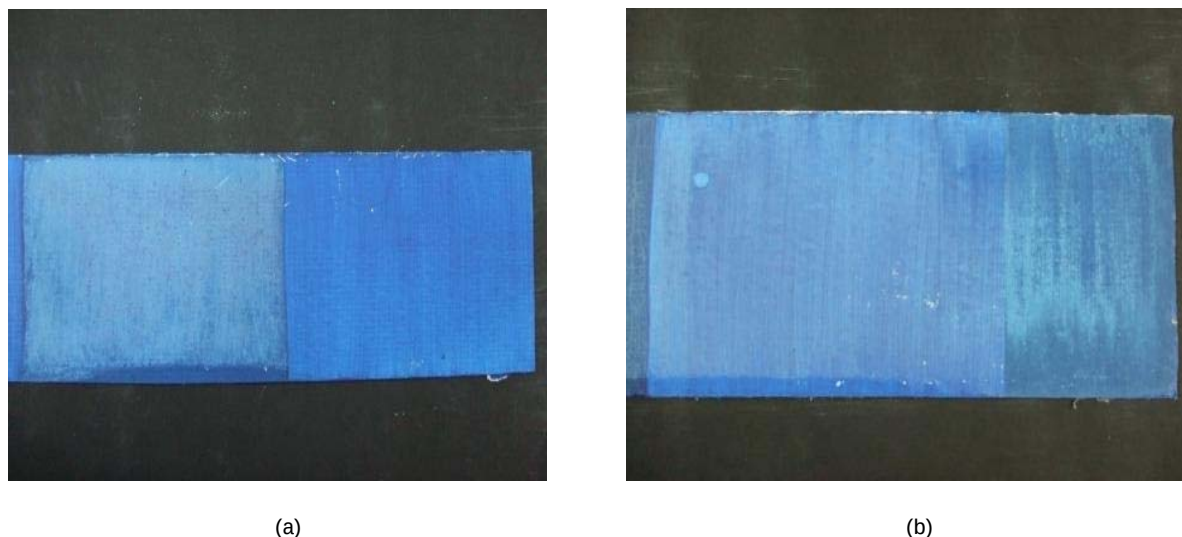


Figura 6 – Fotografia das placas após ensaio de 72 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 com o primário A (s/primário à direita e com primário à esquerda); (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 com o primário C (s/primário à direita e com primário à esquerda).

Na base Transparente, os resultados observados são semelhantes aos obtidos na base Pastel, sendo o primário A, de base solvente, o melhor. Este primário bloqueia totalmente o aparecimento das eflorescências, não havendo mais nenhum com um comportamento a considerar. A causa deste excelente resultado já foi explicada anteriormente, sendo devido à entrada do primário no substrato, fechando a rede de capilares susceptíveis da migração dos sais.

3.2 Método 2 - Placa com Blockaid

Este método foi iniciado um pouco mais tarde, visto ter-se estado à espera do produto denominado Blockaid. Inicialmente, começou-se por preparar provetes com a pasta formada pelo Blockaid e água. Logo se chegou à conclusão que o melhor seria barrar a pasta numa placa de fibrocimento, gastando-se menos produto. Assim que se iniciaram os ensaios, os resultados foram obtidos rapidamente, uma vez que em 30 h era possível observar os efeitos.

Os comportamentos das tintas experimentais de exteriores na base Pastel submetidas a este método podem-se observar na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 6 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Pastel, sujeitas ao método das placas com Blockaid.

Tintas	Escala em Blockaid
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	3

De seguida, pode-se observar as fotografias das placas com Blockaid, com as manchas brancas formadas na superfície de duas tintas experimentais testadas. As restantes fotografias das tintas experimentais na base Pastel sujeitas a este método podem-se visualizar no Anexo 2.

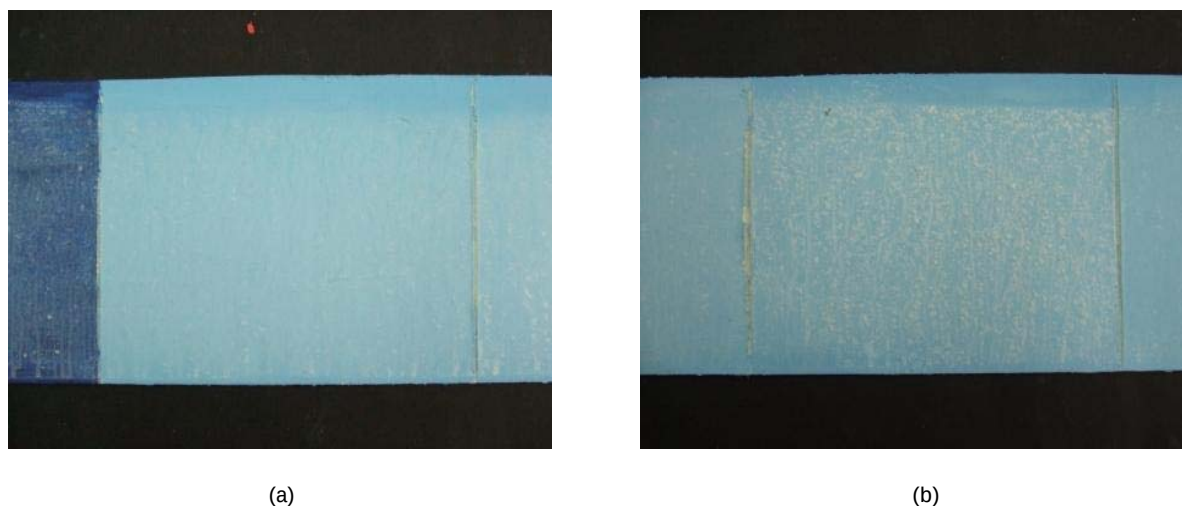


Figura 7 – Fotografia das placas após ensaio 24 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 .

Analisando a tabela 6, verifica-se que não existe uma tinta experimental para exterior que apresente bom comportamento. Existem algumas tintas experimentais que apresentam melhores comportamentos que outras. Sendo as tintas experimentais com o ligante A e B com

BaSO₄ e com o ligante C com CaCO₃ com melhores comportamentos. A tinta experimental com o ligante D e CaCO₃ é a que apresenta pior comportamento. No entanto, a substituição da carga carbonato de cálcio por sulfato de bário, traz alguma melhoria nas tintas com os ligantes A, B e D, mas piora com o ligante C. Apenas se pode afirmar que o ligante D é o pior.

Para a base Transparente, os resultados das tintas exterior experimentais aplicadas sobre o Blockaid e depois submetidas à câmara de condensação apresentam-se na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 7 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente, sujeitas ao método das placas com Blockaid.

Tintas	Escala em Blockaid
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO ₃	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO ₄	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO ₃	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO ₄	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO ₃	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO ₄	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO ₃	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO ₄	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO ₃ , < PVC	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO ₃ , < PVC	1
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO ₃ , > PVC	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO ₃ , < PVC	3

De seguida, pode-se observar as fotografias das placas com Blockaid, de uma tinta experimental com mau comportamento e da tinta experimental com o melhor comportamento. As restantes fotografias das tintas experimentais na base Transparente sujeitas a este método podem-se visualizar no Anexo 2.

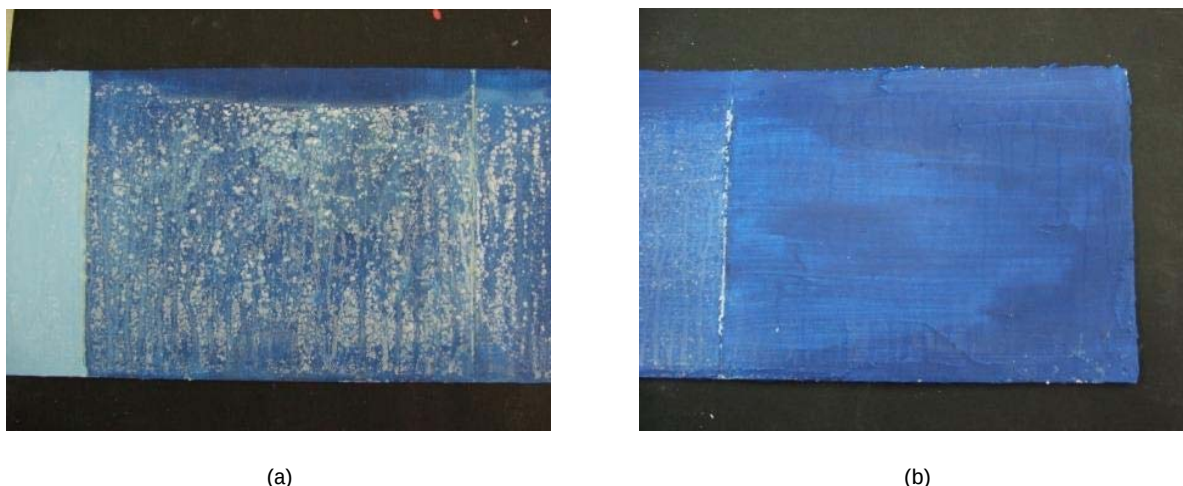


Figura 8 – Fotografia das placas após ensaio 24 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B, CaCO_3 e menor PVC.

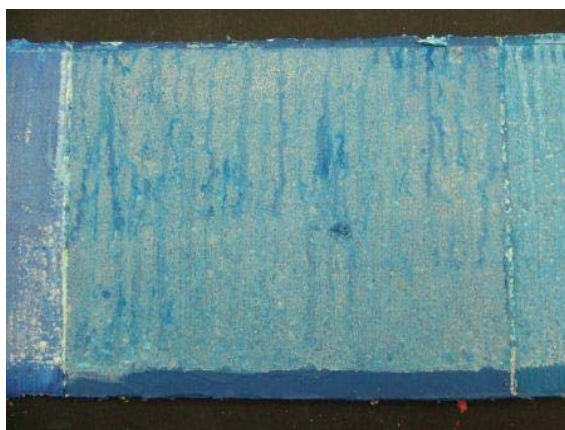
Observando a tabela 7, verifica-se que a tinta para exterior experimental com o ligante B, CaCO_3 e menor PVC é a que apresenta melhor comportamento. Também se pode considerar a tinta experimental com o ligante A, CaCO_3 e menor PVC com um comportamento razoável. Com a pior nota na escala, existem várias tintas, podendo-se salientar as tintas com os ligantes C e D as que apresentam piores comportamentos. Substituindo a carga para sulfato de bário, os resultados não seguem um comportamento padrão. A tinta experimental com o ligante A melhora um pouco, ao contrário da tinta com o ligante B que piora ligeiramente. Os outros dois ligantes não sofrem alterações no comportamento com a mudança de carga na tinta. Novamente se pode concluir que o PVC tem bastante influência no comportamento da tinta sujeita ao método das placas com Blockaid. A diminuição do PVC melhora os comportamentos das tintas, embora seja dependente do ligante. Pois o ligante D com menor PVC não melhora consideravelmente o seu comportamento.

De maneira a verificar se as tintas para exterior de outros fabricantes apresentavam os mesmos problemas com as eflorescências, foram também submetidas a este método. Os resultados podem-se observar na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

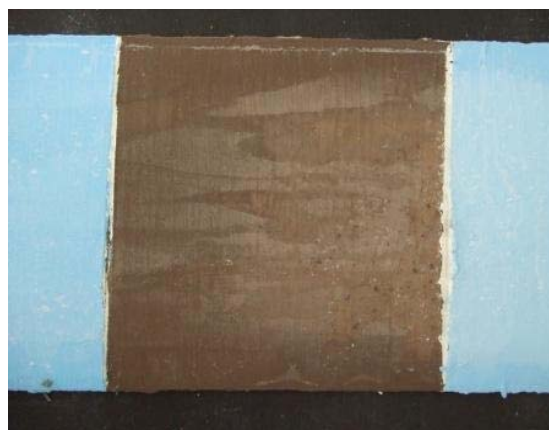
Tabela 8 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas para exterior de outros fabricantes, sujeitas ao método das placas com Blockaid.

Tintas	Escala em Blockaid
Tinta exterior do fabricante A	4
Tinta exterior do fabricante B	4
Tinta exterior do fabricante C	3
Tinta exterior do fabricante D	3

De seguida podem-se observar duas fotografias com os comportamentos das tintas para exterior de outros fabricantes, sujeitas ao método das placas com Blockaid. As restantes fotografias das tintas de outros fabricantes sujeitas a este método podem-se visualizar no Anexo 2.



(a)



(b)

Figura 9 – Fotografia das placas após ensaio 24 h na câmara de condensação: (a) da tinta para exterior do fabricante A; (b) da tinta para exterior do fabricante D.

Analisando a tabela e fotografias anteriores pode-se concluir que os outros fabricantes também se deparam com os mesmos problemas, não existindo nenhum que apresente bom comportamento.

3.2.1 Determinação do melhor esquema de pintura – Primários

Como já foi dito anteriormente, uma tinta nunca se aconselha sozinha, mas sempre associada a um esquema de pintura. Deste modo, para impedir o aparecimento de eflorescências nas superfícies de betão/reboco no exterior, tem de se estudar o melhor esquema de pintura. Para isso, o primário tem uma influência muito relevante, pois é o primeiro produto a ser aplicado sobre o substrato. Todos os ensaios foram efectuados deixando uma barra em cima, apenas com primário, uma barra do lado direito sem primário apenas com a tinta experimental e no centro o primário com a tinta experimental. Os resultados dos quatro primários estudados encontram-se registados na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente. O valor da escala atribuída na coluna sem primário é a média dos ensaios para todos os primários.

Tabela 9 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Pastel com os primários A, B, C, D e sem primário, sujeitas ao método das placas com Blockaid.

Tintas	S/primário	Primário A	Primário B	Primário C	Primário D
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	4	0	2	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	3	0	1	3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	3	0	2	4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	3	0	1	3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	3	0	3	3	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	4	0	3	4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	4	0	4	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	3	0	4	4	2

De seguida, são mostradas algumas fotografias das placas com o primário mais a tinta experimental na base Pastel, após permanência na câmara de condensação. São apenas alguns exemplos de um bom e mau comportamento, uma vez que as restantes se encontram no Anexo 2.

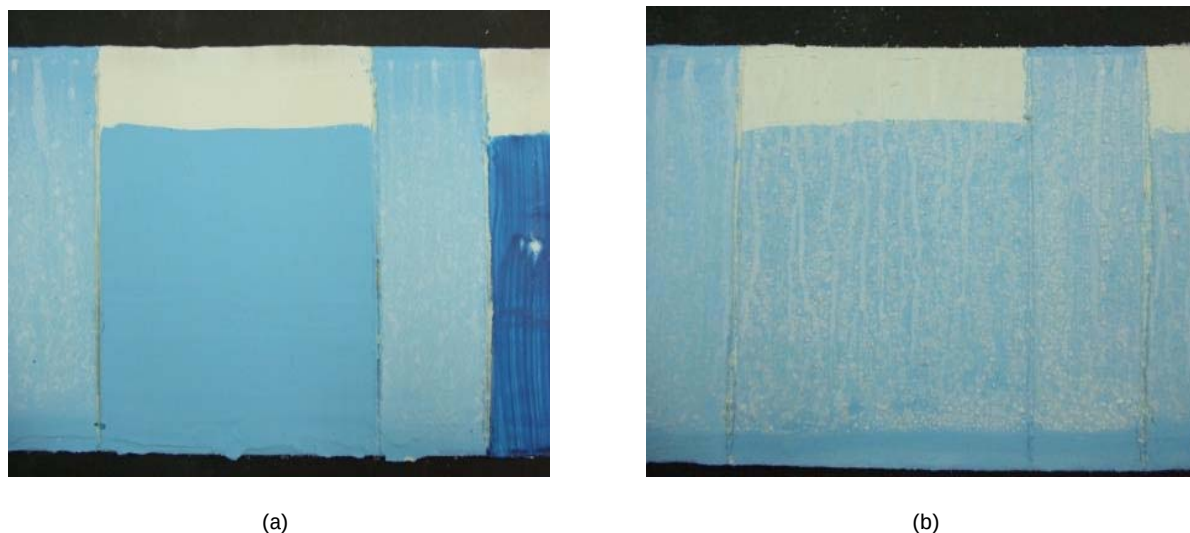


Figura 10 – Fotografia das placas após ensaio 24 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4 com o primário A (s/primário à direita e com primário no centro); (b) da tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 com o primário B (s/primário à direita e com primário no centro).

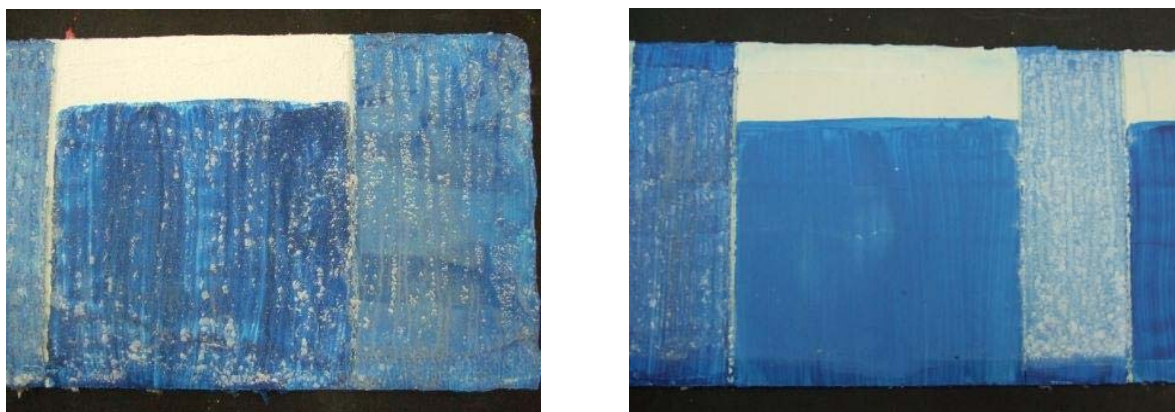
Observando a tabela 9, pode-se verificar que mais uma vez o primário A, de base solvente, apresenta um excelente comportamento. Este primário bloqueia completamente o aparecimento das eflorescências, pela razão já justificada anteriormente. Dos outros três primários estudados, pode-se considerar que o primário B, de base aquosa, apresenta um comportamento razoável.

O estudo do método das placas com Blockaid, com os quatro primários e as tintas para exterior experimentais na base Transparente foi efectuado da mesma forma que na base Pastel. O valor da escala atribuída na coluna sem primário é a média dos ensaios para todos os primários. Os resultados obtidos para cada primário estudado encontram-se na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 10 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente com os primários A, B, C, D e sem primário, sujeitas ao método das placas com Blockaid.

Tintas	S/primário	Primário A	Primário B	Primário C	Primário D
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	3	0	4	3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	4	0	3	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3	3	0	3	4	2
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4	3	0	4	2	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	4	0	3	4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4	4	0	3	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3	4	0	4	3	2
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4	4	0	2	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 , < PVC	3	0	2	2	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 , < PVC	2	0	4	1	2
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 , > PVC	4	0	3	4	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 , < PVC	2	0	2	2	3

De seguida, são mostradas algumas fotografias das placas com o primário e a tinta experimental na base Transparente, após permanência na câmara de condensação. São apenas alguns exemplos de um bom e mau comportamento, uma vez que as restantes se encontram no Anexo 2.



(a)

(b)

Figura 11 – Fotografia das placas após ensaio 24 h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 com o primário C (s/primário à direita e com primário à esquerda); (b) da tinta exterior experimental c/Ligante C, CaCO_3 e maior PVC com o primário A (s/primário à direita e com primário à esquerda).

Analisando a tabela 10, é possível verificar novamente que o primário A, de base solvente, apresenta sem dúvida um óptimo resultado. Os comportamentos dos outros três primários não são passíveis de considerar.

3.3 Método 3 - Provetes de argamassa de cimento

Este método consistia em preparar os provetes de argamassa de cimento segundo a norma ASTM D 1734. No entanto, foi estipulado que o cimento a usar teria de ser cimento Portland tipo I 42,5. Como este tipo de cimento não se encontra à venda facilmente, teve de ser pedido a uma empresa do ramo e mandado vir de Lisboa. A areia a utilizar também foi decidido que teria de ser normalizada, para se garantir sempre os mesmos padrões. O problema é que esta areia só existe em Paris e demorava dois meses a chegar. Com todos estes pormenores, as experiências efectuadas segundo este procedimento, só foram iniciadas em Janeiro.

No entanto, apenas uma experiência foi realizada, devido à realização de obras na sala dos equipamentos que continha a câmara de condensação, ficando a sala interdita.

Este método é de todos, o que obtém resultados num intervalo de tempo maior, mas talvez o que se aproxima mais da realidade. Os provetes têm um tempo de cura de 24 h e por mais oito dias na câmara de condensação conseguem-se visualizar resultados. Para funcionar

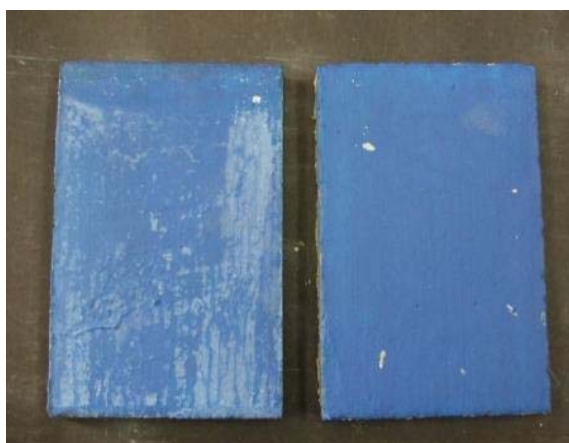
como padrão, os provetes foram realizados em duplicado, ficando um fora da câmara de condensação.

Na única experiência efectuada apenas se testaram tintas de exterior na base Transparente. Os resultados podem ser observados na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 11 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente, sujeitas ao método dos provetes de argamassa de cimento, preparados segundo a norma ASTM D 1734.

Tintas	Escala
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 , < PVC	1
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3	2

De seguida são mostradas duas fotografias dos provetes preparados segundo a norma, sujeitos à câmara de condensação, referentes ao pior e melhor comportamento, respectivamente. O provete da direita em cada fotografia corresponde ao provete padrão que não foi submetido à câmara de condensação.



(a)



(b)

Figura 12 – Fotografia dos provetes após ensaio de oito dias na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B, CaCO_3 e menor PVC (padrão à direita).

Estes resultados são pouco consistentes porque apenas aconteceram uma vez. No entanto, os resultados obtidos são os esperados, visto que se aproximam do que obteve nos métodos anteriores. Novamente se pode observar que a tinta experimental com o ligante B, CaCO_3 e menor PVC é a que apresenta melhor comportamento. A tinta experimental com o ligante A e CaCO_3 é a que apresenta pior comportamento, melhorando ligeiramente quando se substitui a carga para sulfato de bário. Nenhum primário foi avaliado segundo este método.

3.4 Comparação dos três métodos

Analisando os resultados obtidos para os três métodos, apenas se podem considerar os resultados do método com as placas de fibrocimento e do método das placas com Blockaid. Uma vez que para o método dos provetes de argamassa de cimento preparados segundo a norma ASTM D 1734 só existem resultados de quatro tintas experimentais.

Deste modo, verificou-se que os resultados obtidos no método das placas de fibrocimento não são correlacionáveis com os resultados obtidos no método das placas com Blockaid. Uma vez que apenas algumas tintas experimentais demonstram um comportamento semelhante. Existem até tintas experimentais que no método das placas de fibrocimento apresentam um dos melhores comportamentos, como é o caso da tinta com o ligante C e BaSO_4 , e no método das placas com Blockaid apresenta um dos piores comportamentos.

Outro aspecto verificado foi que a preparação e cura da pasta formada pelo Blockaid dependem muito das condições ambientais a que é sujeita. Assim, quando as placas eram secas em ambientes muito húmidos, os tempos impostos na norma não eram suficientes para secar as placas. De maneira que as placas levavam água em excesso no substrato e os resultados estavam muito mais susceptíveis do aparecimento de eflorescências. Enquanto no método das placas de fibrocimento, o substrato já se encontra seco.

Outra diferença encontrada entre os dois métodos em causa era a quantidade das demãos aplicadas sobre o substrato. O método das placas de fibrocimento indica a aplicação de duas demãos, enquanto no método das placas com Blockaid aplica-se apenas uma demão. Consequentemente, a espessura do revestimento influencia o aparecimento de eflorescências.

Depois desta análise, procedeu-se à repetição dos dois métodos submetendo as placas no intervalo da cura, a uma câmara de climatização em condições de temperatura e humidade especificadas. Deste modo, escolheram-se duas condições diferentes, um ambiente seco a

23°C e 50% de humidade e um ambiente mais húmido, 10°C e 80% de humidade. Também se repetiu o método das placas com Blockaid aplicando duas demãos.

Os resultados destes ensaios para as tintas experimentais na base Pastel encontram-se registados na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 12 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Pastel, sujeitas aos dois métodos em comparação, submetidas a condições ambientais de secagem controladas.

Tintas	Placas de fibrocimento		Placas com Blockaid		
	23°C 50% Hum	10°C 80% Hum	2 demãos	23°C 50% Hum	10°C 80% Hum
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO ₃	2	3	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO ₄	3	4	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO ₃	1	2	4	2	3
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO ₄	1	2	4	2	3
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO ₃	3	3	-	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO ₄	3	4	-	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO ₃	2	2	4	2	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO ₄	1	1	4	2	4

(-) Estas tintas não foram testadas no método das placas com Blockaid com 2 demãos.

Os resultados dos ensaios de comparação entre os dois métodos, para as tintas experimentais na base Transparente encontram-se registados na tabela seguinte, de acordo com a escala mencionada anteriormente.

Tabela 13 – Escala atribuída ao comportamento das várias tintas experimentais na base Transparente, sujeitas aos dois métodos em comparação, submetidas a condições ambientais de secagem controladas.

Tintas	Placas de fibrocimento		Placas com Blockaid		
	23°C 50% Hum	10°C 80% Hum	2 demãos	23°C 50% Hum	10°C 80% Hum
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO ₃	3	4	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO ₄	3	3	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO ₃	3	4	3	2	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO ₄	2	4	-	2	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO ₃	2	4	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO ₄	2	3	-	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO ₃	2	2	-	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO ₄	2	2	2	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO ₃ , < PVC	2	2	4	1	4
Tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO ₃ , < PVC	0	1	3	0	4
Tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO ₃ , > PVC	4	4	4	3	4
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO ₃ , < PVC	2	3	-	2	4

(-) Estas tintas não foram testadas no método das placas com Blockaid com 2 demãos.

Analisando as duas tabelas é possível verificar que as tintas experimentais pioram sempre o seu comportamento, quando as placas são secas no ambiente mais húmido. Este facto deve-se às placas estarem mais húmidas, o que facilitam a solubilização dos sais presentes no substrato e no revestimento. Daqui conclui-se que as condições ambientais de secagem do substrato influencia bastante o comportamento das tintas.

Observando a coluna das duas tabelas referente ao método das placas com Blockaid aplicando-se duas demãos, verifica-se que o comportamento de todas as tintas testadas piora.

Em conclusão, nenhum método pode ser escolhido sem a realização das experiências segundo o método dos provetes de argamassa de cimento.

3.5 Identificação dos sais e compreensão do fenómeno

De maneira a perceber o fenómeno eflorescências procedeu-se à identificação dos sais formados na superfície dos vários revestimentos estudados, assim como a identificação dos dois substratos em causa. As placas de fibrocimento, o Blockaid e os sais formados foram sujeitos ao microscópio electrónico de varrimento (SEM), à microanálise por raios X e à cromatografia iónica.

Nas análises de microscopia electrónica de varrimento e microanálise por raio X, os sais eram raspados e levados para o CEMUP. As amostras eram revestidas a carbono e depois identificadas segundo a análise da radiação X. Cada pico de absorvância corresponde a um elemento (ver Martins). Os sais levados para analisar foram provenientes de algumas tintas de exteriores experimentais e de outro fabricante. As análises foram sempre efectuadas aos sais formados pelos métodos 1 e 2. Os resultados podem ser verificados na tabela seguinte.

Tabela 14 – Registo dos elementos identificados pelo SEM e pela microanálise por raio X, dos substratos e dos sais formados na superfície das tintas testadas.

Amostras analisadas	Elementos identificados
Amostra de fibrocimento	Silicato de cálcio, alumínio, fibras (carbono/oxigénio), enxofre, magnésio.
Amostra de Blockaid	Carbonato de cálcio, silicato de cálcio, alumínio, magnésio, aluminossilicato, estrôncio, enxofre.
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 , base Pastel	Carbonato de cálcio
Tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 , base Transparente	Carbonato de cálcio
Tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 , base Transparente	Carbonato de cálcio
Tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 , base Transparente	Carbonato de cálcio
Tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4 , base Transparente	Carbonato de cálcio
Tinta exterior do fabricante B	Carbonato de cálcio

De seguida vão ser mostradas algumas fotografias das amostras analisadas e do espectro correspondente a cada zona identificada. As restantes imagens e espectros podem ser observados no Anexo 2.

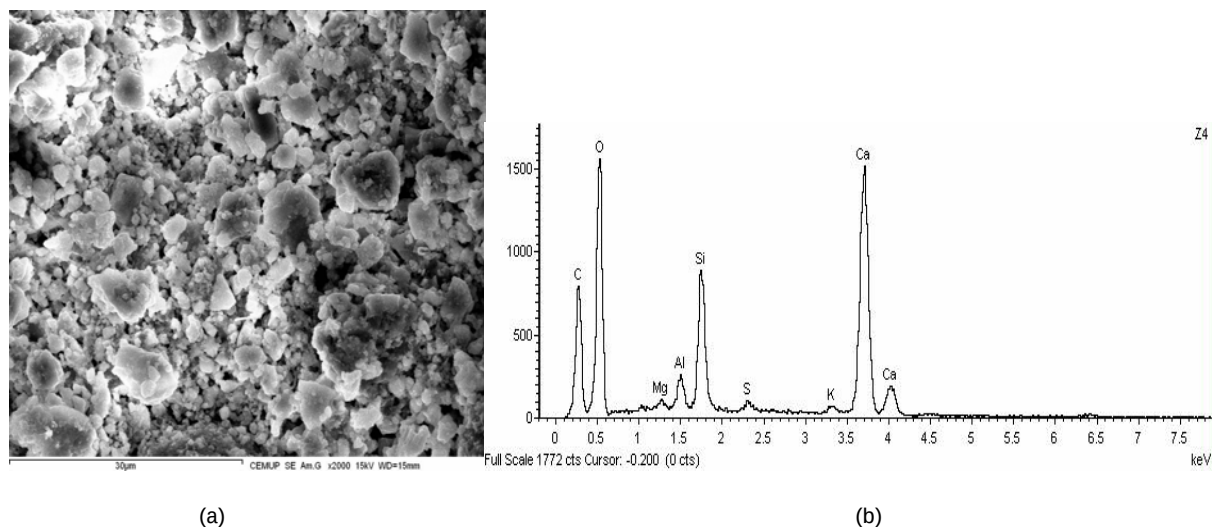


Figura 13 – (a) Fotografia dos cristais presentes numa película retirada da superfície de uma placa de fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 2000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

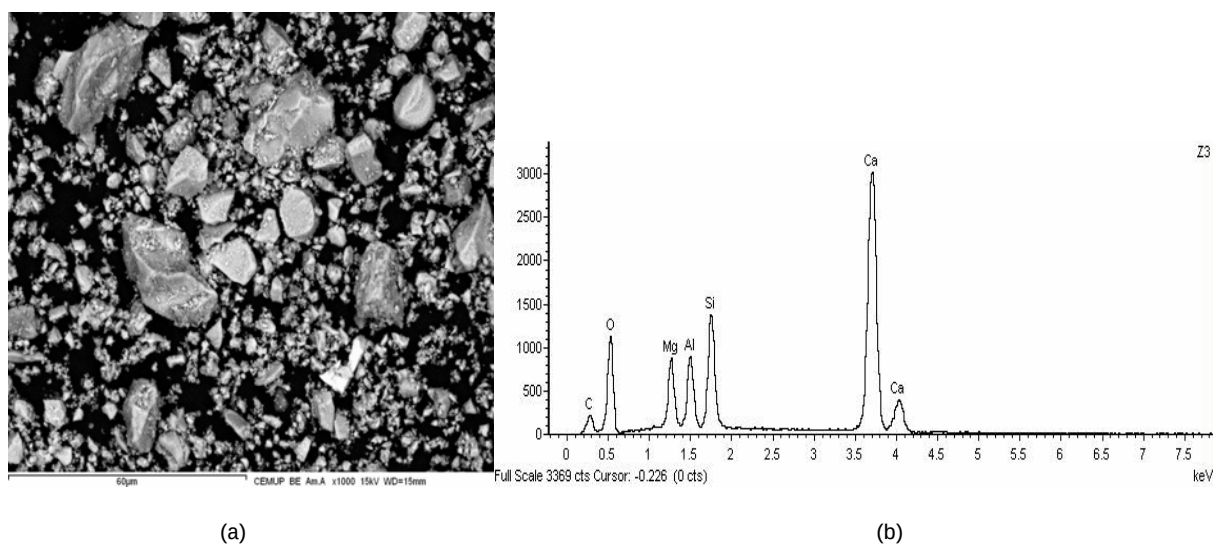


Figura 14 – (a) Fotografia dos cristais presentes na amostra de pó do Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 1000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

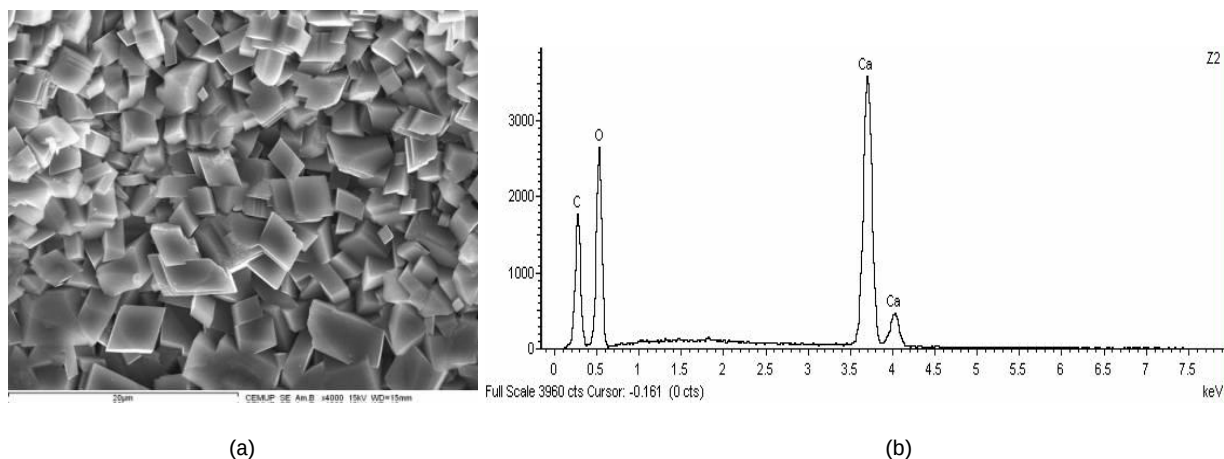


Figura 15 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta exterior experimental c/ligante A e CaCO_3 (base Transparente), sujeita ao método das placas de fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 4000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

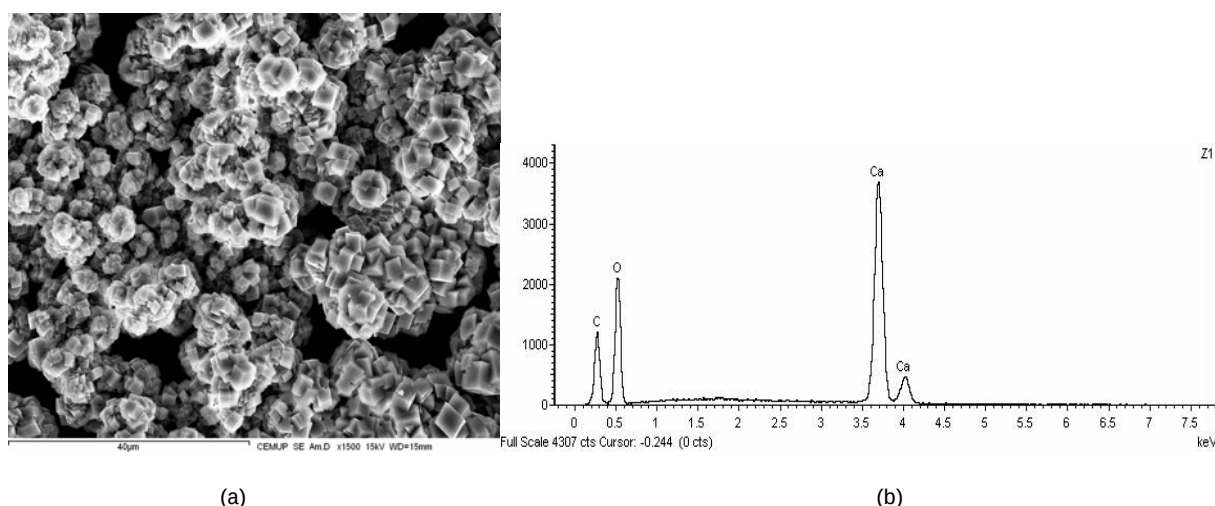


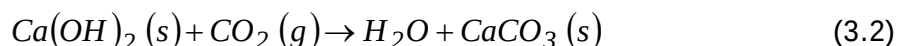
Figura 16 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta exterior experimental c/ligante A e CaCO_3 (base Transparente), sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 1500x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

A análise das amostras por cromatografia iónica apenas identificou aniões. Como os sais não eram facilmente dissolvidos em água, as amostras foram preparadas em duplicado. Todas as amostras foram dissolvidas em ácido sulfúrico a 0,05 M e ácido clorídrico a 0,05 M. Deste modo, os aniões cloretos e sulfatos poderiam ser considerados, sabendo-se que não correspondiam ao ácido de lavagem. O único problema é que o anião carbonato não era identificado por este método, visto o eluente ser carbonato.

Os aniões analisados foram: fluoretos, cloretos, nitritos, fosfatos e sulfatos. No entanto, de todas as amostras estudadas apenas se identificaram cloretos e sulfatos, mas em concentrações muito pequenas. O facto de o SEM não ter identificado estes elementos, pode dever-se à concentração de carbonatos ser tão grande que sobreponha os cloretos e sulfatos.

Tendo em consideração que os sais formados na superfície de todas as tintas experimentais foram carbonato de cálcio, pode-se afirmar que o fenómeno eflorescências é causado geralmente pelos carbonatos. Outro aspecto que se teve em conta foi o de analisar as tintas experimentais com sulfato de bário como carga. Os resultados obtidos também deram carbonato de cálcio em grande quantidade.

Os dois substratos em estudo contêm várias substâncias com cálcio, como óxido de cálcio, carbonato de cálcio e silicato de cálcio. O óxido de cálcio quando entra em contacto com a água que penetra nos capilares forma-se o hidróxido de cálcio, bastante solúvel (0,185g em 100g de água) ^[1]. Assim, o hidróxido migra para a superfície, reage com o dióxido de carbono presente na atmosfera e forma-se o carbonato de cálcio (ver Aberle, 2007). Estas transformações podem ser visualizadas nas reacções que se seguem.



4 Conclusões

O objectivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um procedimento experimentalmente capaz de reproduzir eflorescências num curto espaço de tempo. Portanto, apesar de se terem considerado inicialmente cinco possíveis procedimentos, dois deles foram rapidamente rejeitados, por necessitarem de demasiado tempo. Dos restantes três, apenas dois procedimentos foram estudados pormenorizadamente, o método das placas de fibrocimento e o método das placas com Blockaid. Relativamente ao procedimento descrito na norma ASTM D 1734 e que considera a preparação de provetes de argamassa de cimento, não foi possível completar o seu estudo uma vez que as matérias-primas necessárias chegaram demasiado tarde.

No entanto, analisando os resultados obtidos pelos dois procedimentos estudados, nada foi possível concluir quanto ao procedimento a ser considerado no futuro. Os resultados obtidos no método das placas de fibrocimento não são comparáveis com os resultados obtidos no método das placas com Blockaid. Assim, apenas se pode dizer que o método das placas de Blockaid é o mais rápido, sendo também muito influenciado pelas condições ambientais no processo de secagem. O método das placas de fibrocimento é um pouco mais demorado e as condições ambientais no processo de cura não influenciam significativamente os resultados.

Deste modo, não foi possível concluir qual o melhor procedimento a usar quando se pretende reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo. O procedimento a utilizar vai ser determinado num futuro próximo, quando o estudo do procedimento descrito na norma ASTM D 1734 estiver terminado. No final, todos os resultados vão ser analisados e comparados para seleccionar o melhor procedimento.

Dos quatro primários estudados através dos dois procedimentos experimentados, o que obteve sempre melhor comportamento foi o primário A, de base solvente. Este primário bloqueou totalmente o aparecimento das eflorescências. Tal facto deve-se ao primário penetrar no substrato, bloqueando os capilares, por onde os sais são levados pela água para a superfície. Os restantes primários não mostraram um comportamento a considerar.

Na base Pastel, com maior percentagem de dióxido de titânio, o método das placas de fibrocimento quando aplicadas com as tintas experimentais com os ligantes A e D e CaCO_3 são as que apresentam melhores comportamentos. A substituição da carga para sulfato de bário piorou o comportamento em todos os ensaios. No entanto, no método das placas com Blockaid os melhores resultados foram obtidos pelas tintas experimentais com os ligantes A e B, ambas com BaSO_4 .

Na base Transparente, sem dióxido de titânio, o método das placas de fibrocimento, aplicadas com as tintas com o ligante C e BaSO_4 e com o ligante B, CaCO_3 e menor PVC são as que apresentam melhores comportamentos. No entanto, a substituição da carga para sulfato de bário melhorou o comportamento em todos os ensaios. No método das placas com Blockaid, os melhores resultados foram obtidos pela tinta com o ligante B e CaCO_3 e pela mesma tinta mas com PVC mais baixo. Todas as tintas experimentais com PVC's mais baixos melhoram os seus comportamentos. Esta razão é justificada pelo facto de a quantidade de ligante aumentar e a de sólidos diminuir, em volume, tornando a tinta mais fechada e consequentemente, menos porosa.

Ao longo dos vários ensaios a tinta que apresentou melhores comportamentos foi a tinta experimental com o ligante B, CaCO_3 e menor PVC. Pode-se assim concluir que o PVC influencia bastante o aparecimento das eflorescências, sendo melhor quando se usa um valor mais baixo. Quanto à carga a usar não se observaram resultados consistentes, não sendo possível concluir nada. Será um aspecto a estudar-se melhor no futuro.

Quanto às tintas de exteriores de outros fabricantes testadas nos dois métodos, pode-se concluir que todos apresentam problemas semelhantes com as eflorescências.

Relativamente aos sais formados na superfície das tintas sujeitas aos dois métodos, todos indicaram carbonato de cálcio na análise pelo SEM e pela microanálise por raio X. Mesmo as tintas com sulfato de bário como carga, indicaram carbonato de cálcio. Deste modo, pode concluir-se que o fenómeno eflorescências está relacionado com o substrato e não com os componentes presentes na formulação da tinta.

Pelas análises efectuadas, os sais formados pelas eflorescências observadas neste trabalho, indicam todas os carbonatos como sendo a principal causa. Assim, o óxido de cálcio presente no substrato reage com água para formar o hidróxido de cálcio. Como esta substância é muito solúvel, migra com a água até à superfície, reagindo com o dióxido de carbono para formar o carbonato de cálcio analisado.

Com o trabalho realizado até ao momento, não foi possível escolher um método capaz de reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo. Pois, faltou testar o método dos provetes de argamassa de cimento preparados pela norma ASTM D 1734, pormenorizadamente.

5 Avaliação do trabalho realizado

5.1 Objectivos Realizados

Este projecto tinha como objectivo principal desenvolver um método capaz de reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo. Esta parte do trabalho demorou bastante tempo, não tendo sido terminada. O método dos provetes de argamassa de cimento preparados pela norma ASTM D 1734 não foi estudado detalhadamente, o que leva a um adiamento na conclusão do objectivo realizado. Além de que os resultados obtidos pelos dois métodos não foram coerentes, o que levou a um estudo mais detalhado das condições de secagem das placas. Deste modo, o objectivo principal de desenvolver um método um método capaz de reproduzir experimentalmente eflorescências num curto espaço de tempo, não foi alcançado.

Quanto à determinação de um esquema de pintura que minimizasse o aparecimento das eflorescências, foi facilmente obtido. Este objectivo foi desenvolvido ao mesmo tempo que se testavam os métodos de ensaio. Assim, concluiu-se que o primário A, de base solvente, e a tinta para exterior com o ligante B, CaCO_3 e menor PVC conseguem combater o aparecimento das eflorescências, minimizando os seus efeitos. No entanto, as tintas experimentais com PVC's mais baixos apenas foram testadas na base Transparente e só com carbonato de cálcio como carga.

Relativamente à identificação dos sais formados na superfície das tintas e posterior compreensão do fenómeno, apenas se pode considerar os resultados do SEM e microanálise por raio X. Uma vez que o método da cromatografia iónica não permitia avaliar os carbonatos e assim confirmar os resultados do SEM. Além de que os outros elementos identificados pela cromatografia iónica não se encontram em concentrações consideráveis. No entanto, com os resultados obtidos, foi possível concluir que as eflorescências mais comuns são causadas por carbonatos e não têm origem na tinta, mas sim no substrato.

5.2 Outros Trabalhos Realizados

Com o decorrer deste projecto, outros trabalhos relacionados com as eflorescências foram realizados. De maneira a tentar relacionar o aparecimento das eflorescências com o aparecimento de outros defeitos, como as exsudações. As exsudações são depósitos brancos à superfície sob a forma de alinhamento, pouco solúveis em água e bastante difíceis de eliminar. Neste método, aplicava-se a tinta sobre uma carta preta e em diferentes dias,

aplicava-se uma gota de água. Colocava-se as cartas na vertical e deixava-se escorrer a gota pela superfície da tinta. No final avaliava-se o manchamento deixado pela gota de água. Este método pode ser seguido pela norma ASTM “Evaluate Leaching of Water-Soluble Materials from Latex Paint Films”.

Outro método realizado foi testar as várias tintas experimentais em estudo à resistência aos alcalis. Este método consistia em aplicar duas demãos da tinta sobre provetes de cimento, deixar secar e mergulhar em água durante quatro dias. Depois de secarem, analisava-se as alterações causadas na tinta pela absorção de água. Este método pode ser seguido pela norma LNEC para “Ensaio de resistência aos alcalis”.

Assim, poderia-se desenvolver um esquema de pintura que fosse capaz de minimizar o aparecimento de todos estes defeitos. No entanto, os resultados obtidos pelas vinte tintas experimentais nos três métodos descritos atrás, não se relacionaram com os resultados obtidos pelos métodos para as eflorescências.

5.3 Limitações e Trabalho Futuro

Neste projecto existiram algumas limitações que impediram de chegar a alguns resultados mais consistente. Uma das limitações foi o ter encomendar alguns materiais que demoraram bastante tempo a chegar. Deste modo, só se puderam iniciar os ensaios do método da norma ASTM D 1734 em Janeiro. Juntamente com esta limitação, após o primeiro ensaio, o local onde se encontrava a câmara de condensação sofreu algumas obras, ficando a sala interdita até ao momento. Assim, mais nenhum ensaio foi possível efectuar até ao final deste projecto.

Outra limitação presente neste projecto foi o facto de as análises por cromatografia iónica não identificarem o anião carbonato. Deste modo, as conclusões efectuadas sobre o fenómeno eflorescências, apenas se basearam nas análises do SEM e microanálise por raio X.

Inicialmente também se tinha pensado em avaliar as permeabilidades das espécies químicas mais problemáticas às várias tintas experimentais. No entanto, o equipamento que existe para o efeito iria estar ocupado até ao final deste projecto.

Para trabalho futuro ficam vários aspectos para desenvolver. O primeiro será testar as vinte tintas experimentais para exterior no método dos provetes de argamassa de cimento preparados segundo a norma ASTM D 1734. Assim como, testar os vários primários segundo a mesma norma, de maneira a determinar o melhor esquema de pintura.

Neste trabalho concluiu-se que as tintas com PVC's mais baixos comportam-se melhor quando sujeitas ao aparecimento de eflorescências. No entanto, faltou estudar o PVC óptimo

que reduz a formação de sais, pois esta variável pesa bastante no preço final da tinta. Outro aspecto que ficou por perceber foi a influência do sulfato de bário na base com grande concentração de dióxido de titânio e na base sem dióxido de titânio.

Outro objectivo futuro será o de estudar a influência de alguns aditivos que reduzem o aparecimento das eflorescências. De maneira que os aditivos serão introduzidos na preparação dos provetes de argamassa de cimento e depois sujeitos aos métodos que permitem avaliar as eflorescências.

Apesar de se ter estudado um esquema de pintura que minimize o aparecimento das eflorescências, neste projecto, está previsto desenvolver um primário anti-eflorescências, de base aquosa. Relativamente às tintas, testaram-se apenas quatro ligantes. No entanto, já está na ordem de trabalhos futuros, o estudo de mais ligantes que levem à optimização de uma tinta de exteriores que actue contra as eflorescências.

5.4 Apreciação final

O trabalho desenvolvido ao longo deste projecto teve uma componente tecnológica bastante grande, ficando apenas para fazer o que foi descrito nas limitações. As pesquisas necessárias foram efectuadas e os métodos rápidos encontrados foram testados. Apesar de todos os objectivos terem sido alcançados, poderia ter havido uma componente científica ligeiramente maior. A possibilidade de poder continuar este trabalho, vai permitir realizar o que falta e apresentar justificações científicas para o que foi concluído.

Referências

- Aberle, T., Kelles, A., Zurbruggen, R. Efflorescence, Mechanisms of Formation and Ways to Prevent. Elotex, 2007.
- Andrade, F.R.D., Del Lama, E.A., Kihara, Y., Tirello, R.A. Estudo de Eflorescências em Pinturas Murais de Fulvio Pennacchi. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*, vol.1, No.3, pp.092-095, AERPA Editora, 2007.
- Brito, J., Silveira, P.M., Veiga, R. Eflorescências em Estuques Antigos. (Consultada a 02/02/08) Disponível em www.lisboa-renovada.net/doc/conservalvenaria/eflorescencia.pdf
- Cabaça, S.C. Humidade Ascendente em Paredes de Edifícios Antigos, Processos de Reabilitação e Prevenção. *Construlink*, n.º9, Novembro de 2002.
- Concrete Technology Update - Evaluation of the Causes of Efflorescence in Concrete Masonry Products and Recommended Guidelines for Efflorescence Control. BASF – The Chemical Company. Master Builders, 2006.
- Eflorescências nas fachadas. (consultada a 02/02/08). Disponível em www.squadra.ind.br/produtos/informativos_tecnicos5.html
- Ferreira, H.C., Ferreira, H.S., Menezes, R.R., Neves, G.A. Sais Solúves e Eflorescência em Blocos Cerâmicos e outros Materiais de Construção – Revisão. *Cerâmica* 52 (2006) 37-49.
- Manual Geral de Tintas e Vernizes. Documento interno da CIN – Corporação Industrial do Norte, SA. Projectos de Investigação em Ambiente Empresarial, 2007/2008.
- Manual de Produtos. Documento interno da CIN – Corporação Industrial do Norte, SA. Projectos de Investigação em Ambiente Empresarial, 2007/2008.
- Martins, N.M. Microscopia Electrónica de Varrimento na Caracterização de Materiais. (consultada a 03/02/08) Disponível em <http://home.utad.pt/~ume/Fundamentos%20Te%F3ricos.pdf>
- Nogueira, J.L. Eflorescências – Introdução. Documento interno da CIN – Corporação Industrial do Norte, SA. 2006.
- ^[1] MSPC Informações Técnicas, Compostos inorgânicos (Consultada a 09/02/08). Disponível em www.mspc.eng.br/quim2/cpin120.shtml#caco3

Anexo 1 Características das tintas experimentais

No anexo 1 estão algumas características e variações das tintas exterior experimentais, como viscosidades, densidades, brilhos, valores de PVC e brilhos.

Tabela 1 - Características das tintas exterior experimentais estudadas.

Tintas experimentais	Ligante	Tipo carga	Base	PVC	Brilho 85° (3%EXE)	Massa Volumica, g/mL	Viscosidade Stormer	Visc. ICI
01	A	CaCO ₃	Pastel	49.3	2.8	1.373	110	1.5
02	A	BaSO ₄	Pastel	47.0	5.3	1.423	113	1.3
03	B	CaCO ₃	Pastel	53.2	2.4	1.409	104	1.0
04	B	BaSO ₄	Pastel	50.6	4.6	1.417	105	1.0
05	C	BaSO ₄	Transparente	23.3	6.6	1.202	106	1.3
06	C	CaCO ₃	Transparente	26.2	4.1	1.18	103	1.4
07	A	CaCO ₃	Transparente	43.6	1.7	1.273	106	1.7
08	A	BaSO ₄	Transparente	35.4	4.0	1.319	104	1.3
09	D	CaCO ₃	Transparente	46.3	1.4	1.264	106	1.7
10	D	BaSO ₄	Transparente	38.0	5.6	1.337	109	1.4
11	C	CaCO ₃	Pastel	48.3	5.1	1.378	106	1.2
12	C	BaSO ₄	Pastel	46.1	9.3	1.399	97	1.0
13	D	CaCO ₃	Pastel	53.5	2.9	1.406	103	1.4
14	D	BaSO ₄	Pastel	50.9	6.8	1.431	107	1.5
15	B	CaCO ₃	Transparente	47.5	1.1	1.295	110	1.7
16	B	BaSO ₄	Transparente	39.3	3.1	1.372	115	1.4
17	B	CaCO ₃	Transparente	28.5	4.1	1.189	119	1.9
18	C	CaCO ₃	Transparente	45.0	1.3	1.303	101	1.3
19	A	CaCO ₃	Transparente	28.4	3.2	1.139	108	1.47
20	D	CaCO ₃	Transparente	28.9	5.4	1.167	103	1.47

De maneira a tentar perceber o comportamento obtido pelas tintas exterior experimentais sujeitas aos métodos de reprodução de eflorescências, determinaram-se as permeabilidades ao vapor de água. No entanto, os valores obtidos nem sempre correspondiam aos comportamentos alcançados pelos dois métodos. Deste modo, os valores das

permeabilidades ao vapor não foram tidos em conta na discussão de resultados, mas podem ser observados na tabela seguinte.

Tabela 2 – Valores das permeabilidades ao vapor de água para cada tinta exterior experimental.

Tintas experimentais	Classe	Espessura seca (µm)	PVA do Revestimento (g/m².dia)	Sd (m)
01	I (elevada)	63	154	0.14
02	I (elevada)	61	157	0.13
03	I (elevada)	62	169	0.12
04	I (elevada)	60	171	0.12
05	II (média)	104	77	0.27
06	II (média)	69	117	0.18
07	I (elevada)	71	151	0.14
08	II (média)	73	141	0.15
09	I (elevada)	69	177	0.12
10	II (média)	94	142	0.15
11	II (média)	74	105	0.2
12	II (média)	73	101	0.21
13	I (elevada)	67	185	0.11
14	I (elevada)	68	173	0.12
15	I (elevada)	69	174	0.12
16	I (elevada)	66	184	0.11
17	II (média)	74	132	0.16
18	II (média)	79	121	0.17
19	II (média)	95	110	0.19
20	I (elevada)	66	175	0.12

Anexo 2 Fotografias dos Resultados Experimentais

No anexo 2 podem ser observadas as fotografias do comportamento de cada tinta exterior experimental após a permanência na câmara de condensação, sujeitas aos dois métodos em estudo.

2.1 Métodos das placas de fibrocimento

Na discussão de resultados já foram apresentadas algumas fotografias do comportamento das tintas exterior experimentais sujeitas a este método. No entanto, as restantes fotografias das outras tintas experimentais são apresentadas de seguida.

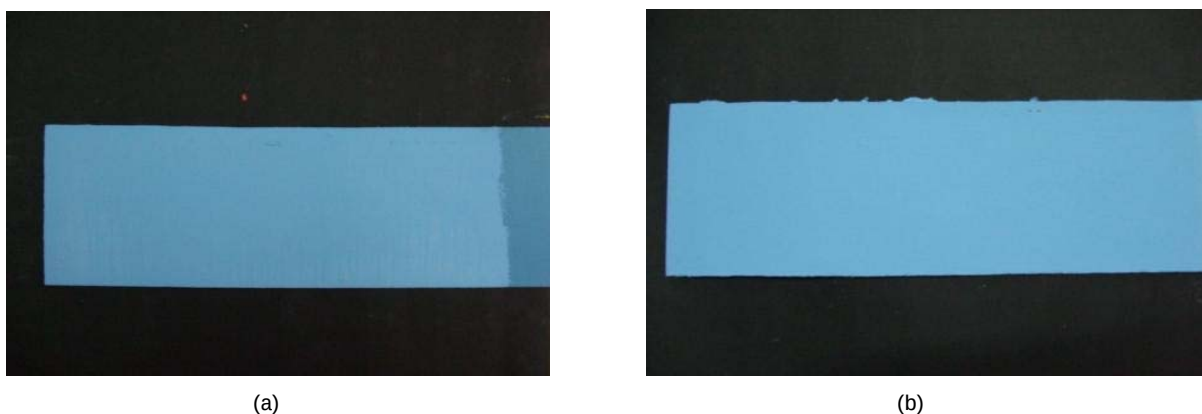


Figura 1 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4 (base Pastel).

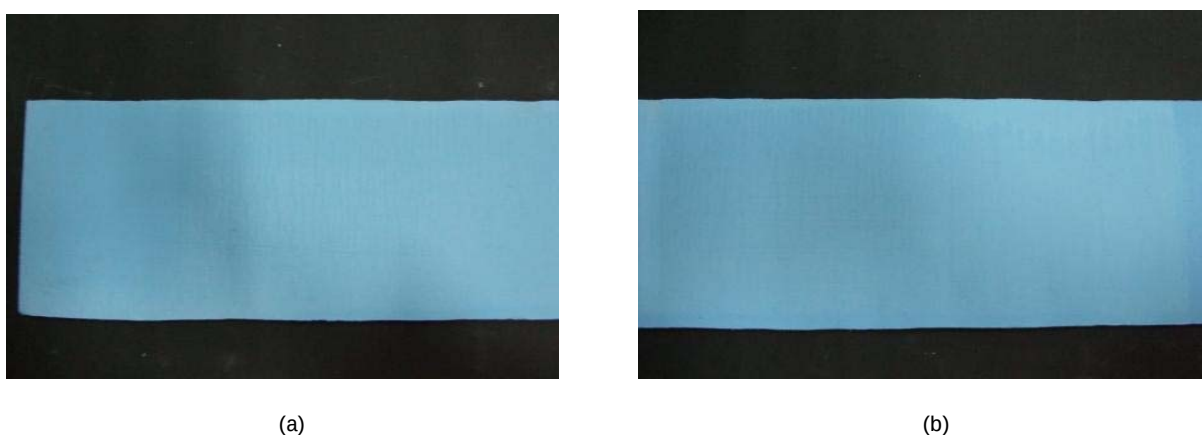
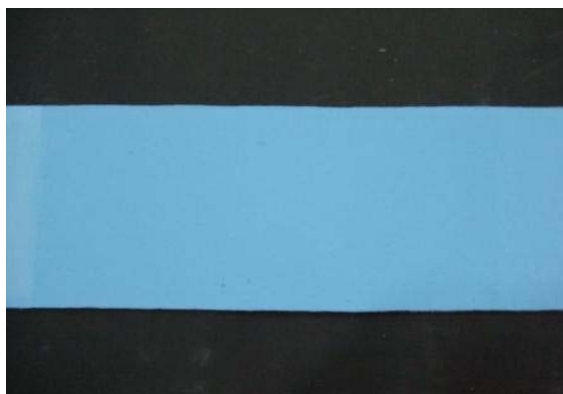


Figura 2 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4 (base Pastel).

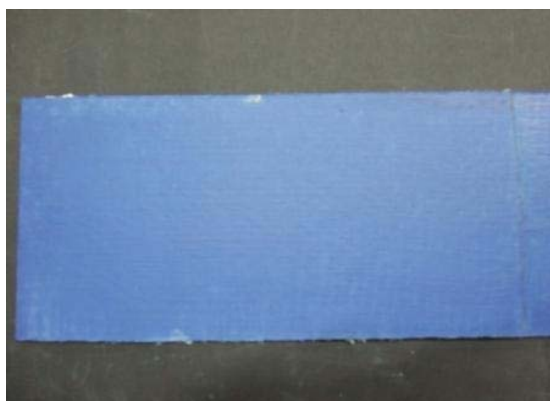


(a)

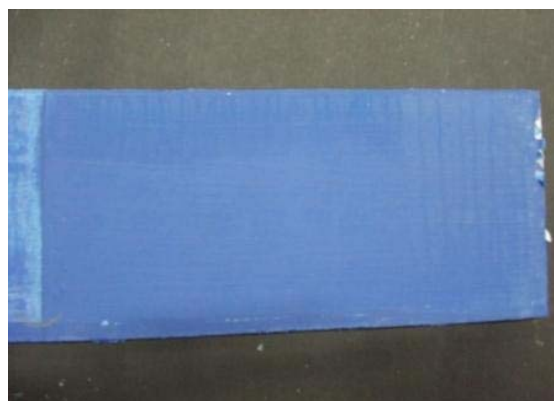


(b)

Figura 3 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4 (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 4 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 (base Transparente).

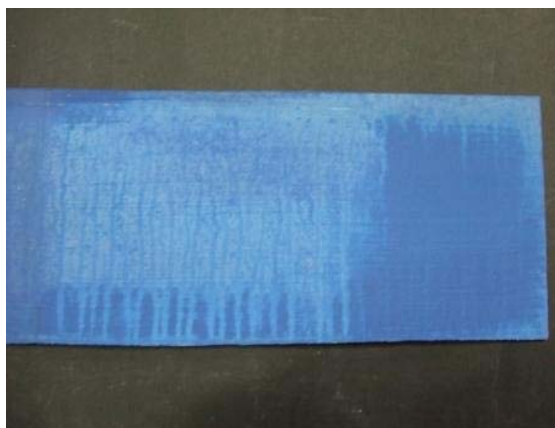


(a)



(b)

Figura 5 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4 (base Transparente).

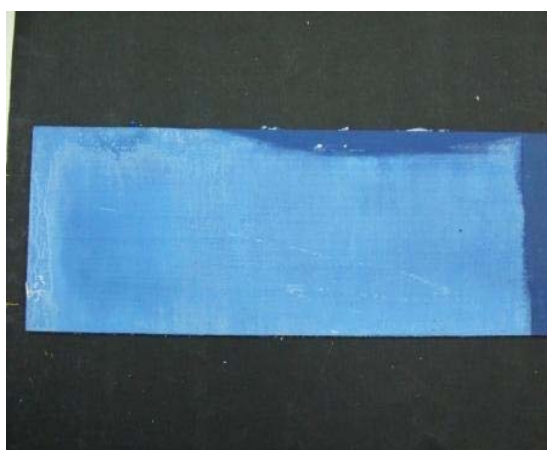


(a)

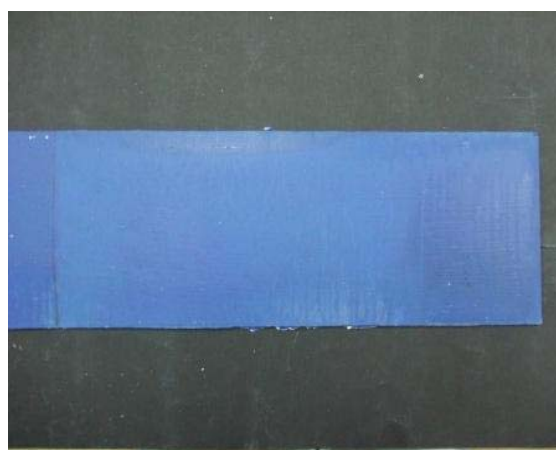


(b)

Figura 6 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante D e BaSO_4 (base Transparente).



(a)



(b)

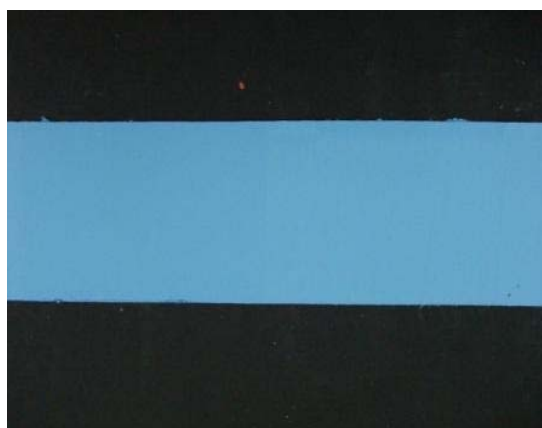
Figura 7 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC; (b) da tinta exterior experimental c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente).

2.1.1 Determinação do melhor esquema de pintura – primários

Na discussão de resultados já foram apresentadas algumas fotografias do comportamento das tintas exterior experimentais com primário e sem primário, sujeitas a este método. No entanto, as restantes fotografias das placas com as outras tintas experimentais mais os quatro primários testados são apresentadas de seguida. Todas as fotografias têm a tinta com primário à esquerda e sem primário à direita.

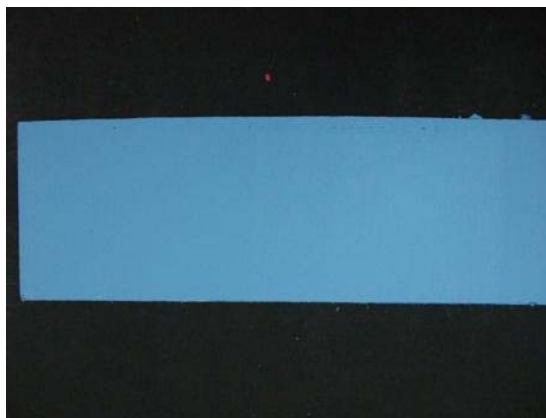
Primário A

(a)

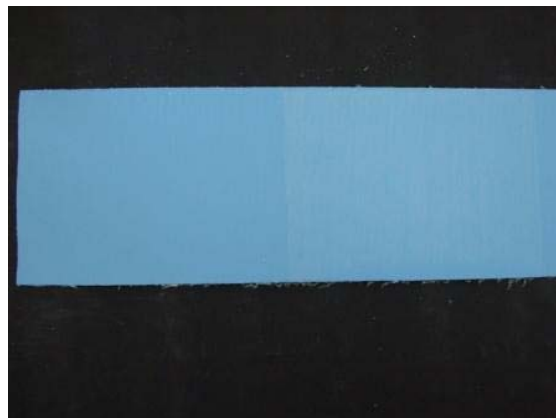


(b)

Figura 8 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , c/primário A (base Pastel).

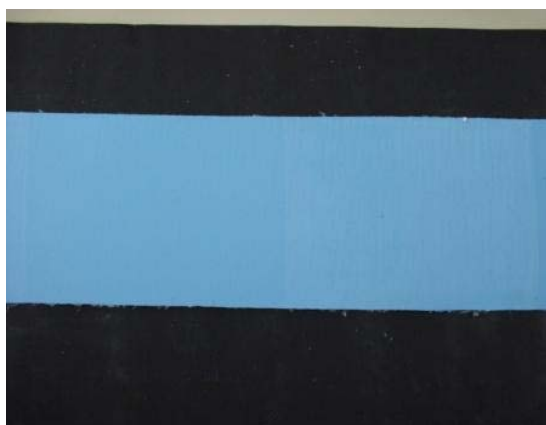


(a)

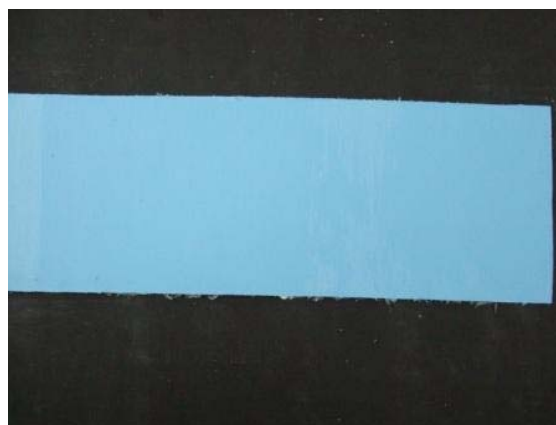


(b)

Figura 9 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 , c/primário A (base Pastel).

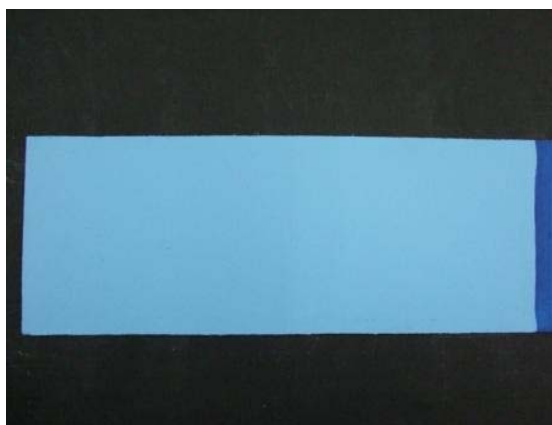


(a)

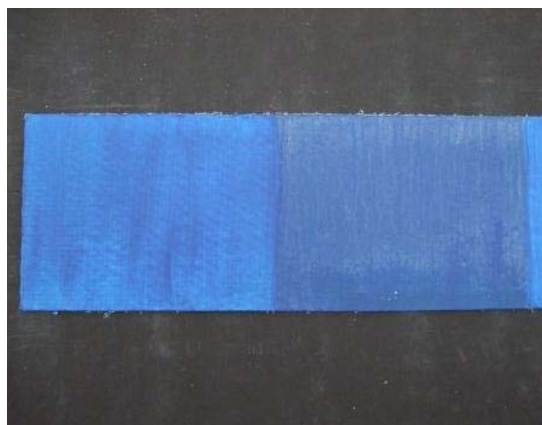


(b)

Figura 10 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , c/primário A (base Pastel).

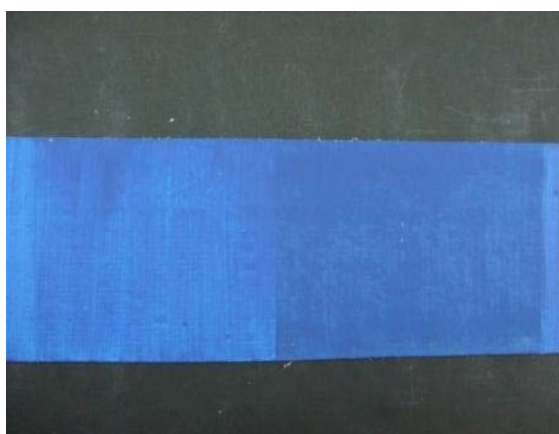


(a)

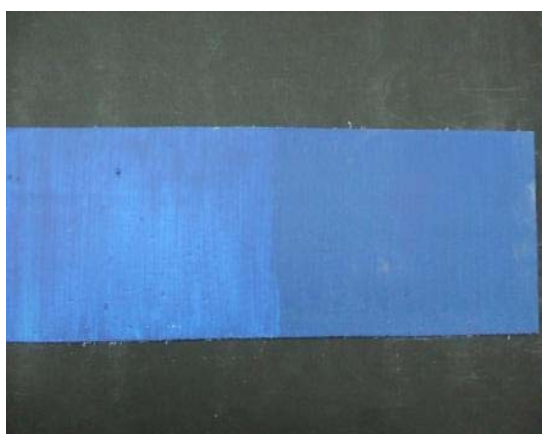


(b)

Figura 11 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Pastel); (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 com o primário A (base Transparente).

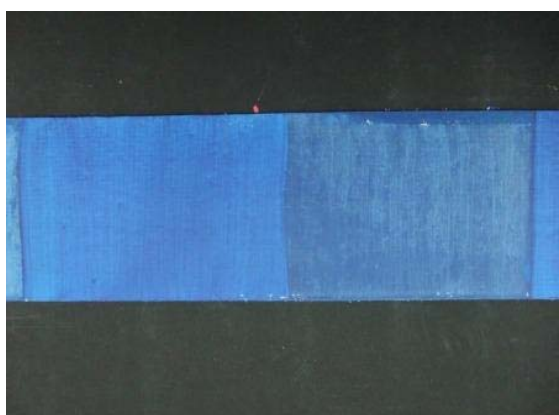


(a)

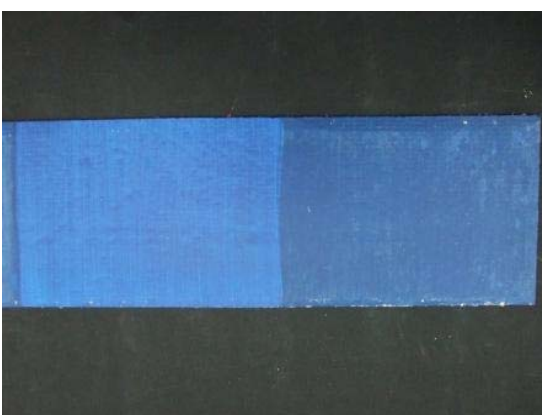


(b)

Figura 12 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).

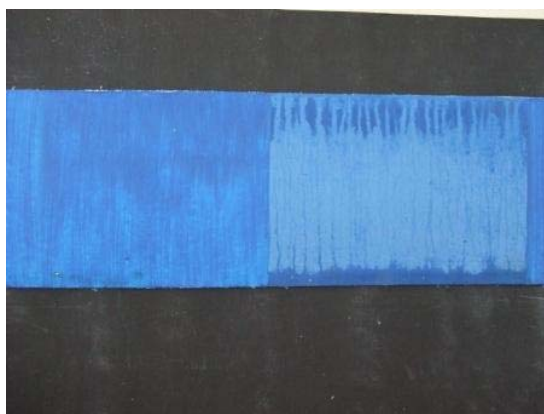


(a)

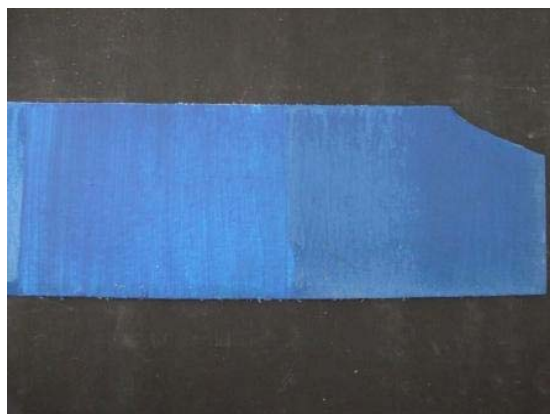


(b)

Figura 13 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).

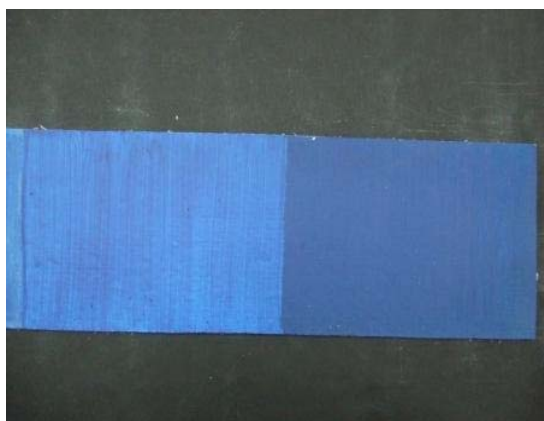


(a)

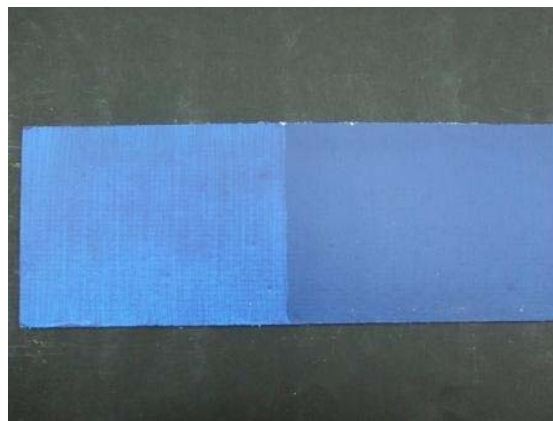


(b)

Figura 14 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).

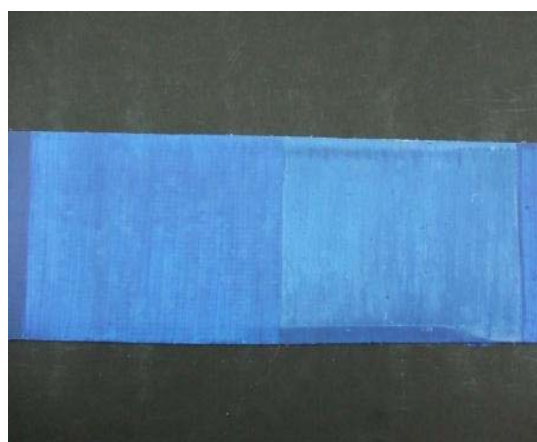


(a)

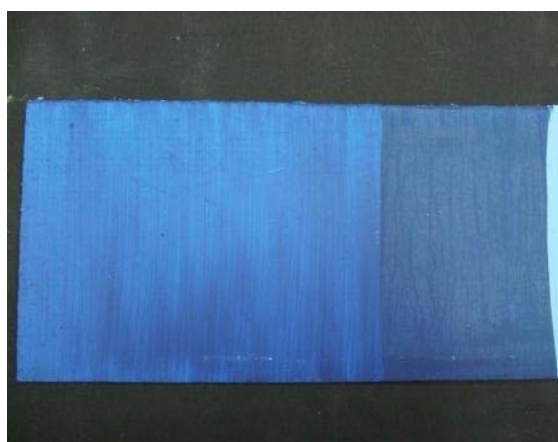


(b)

Figura 15 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 , menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC, com o primário A (base Transparente).

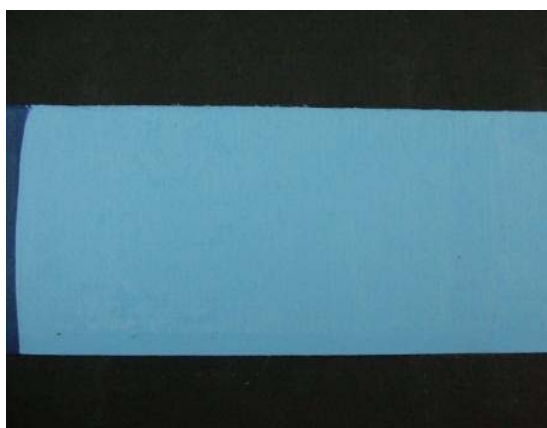


(a)

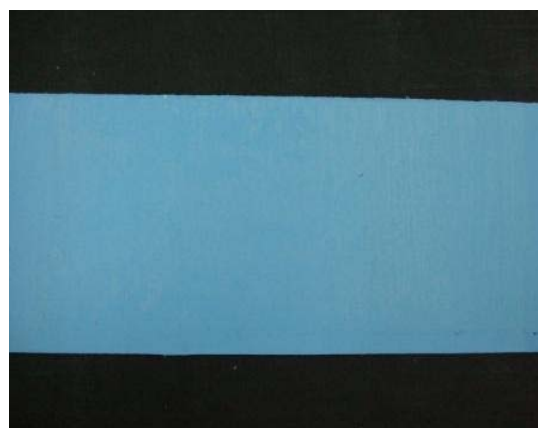


(b)

Figura 16 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC com o primário A (base Transparente).

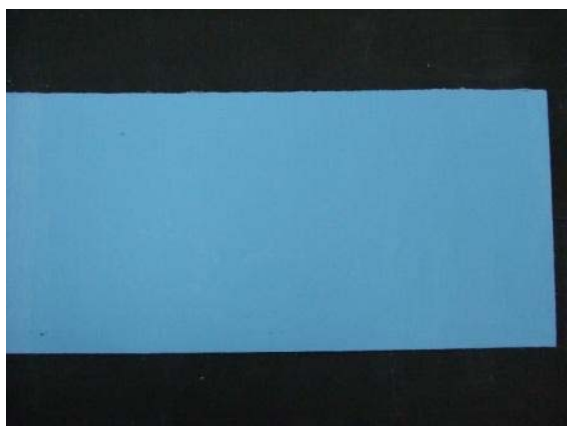
Primário B

(a)

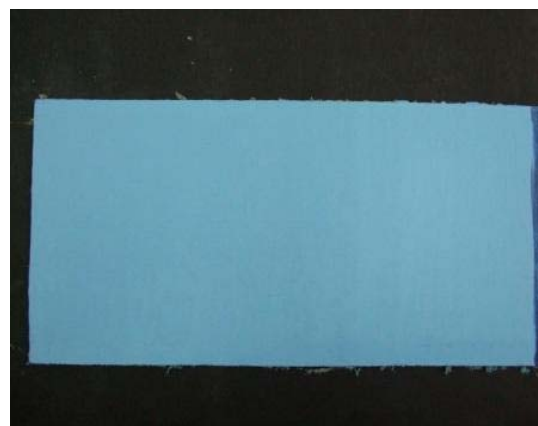


(b)

Figura 17 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , c/o primário B (base Pastel).

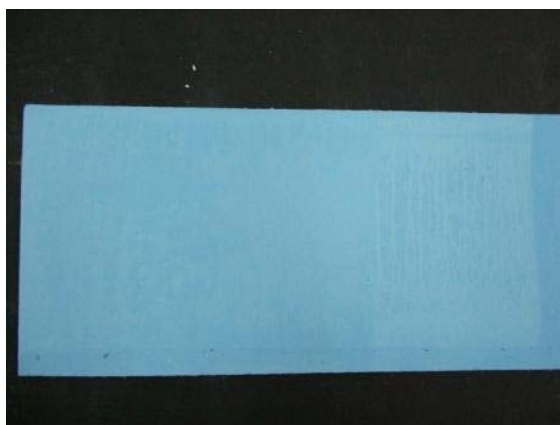


(a)

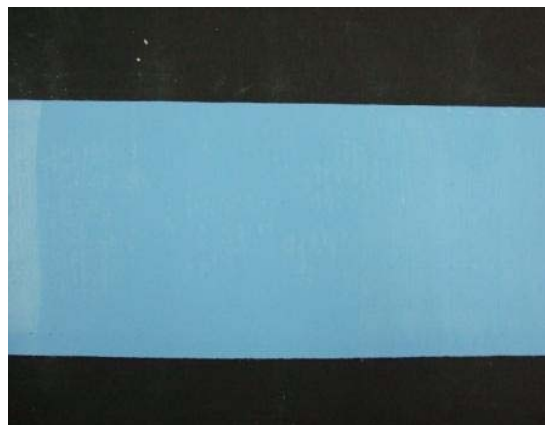


(b)

Figura 18 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , c/o primário B (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 19 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , c/o primário B (base Pastel).

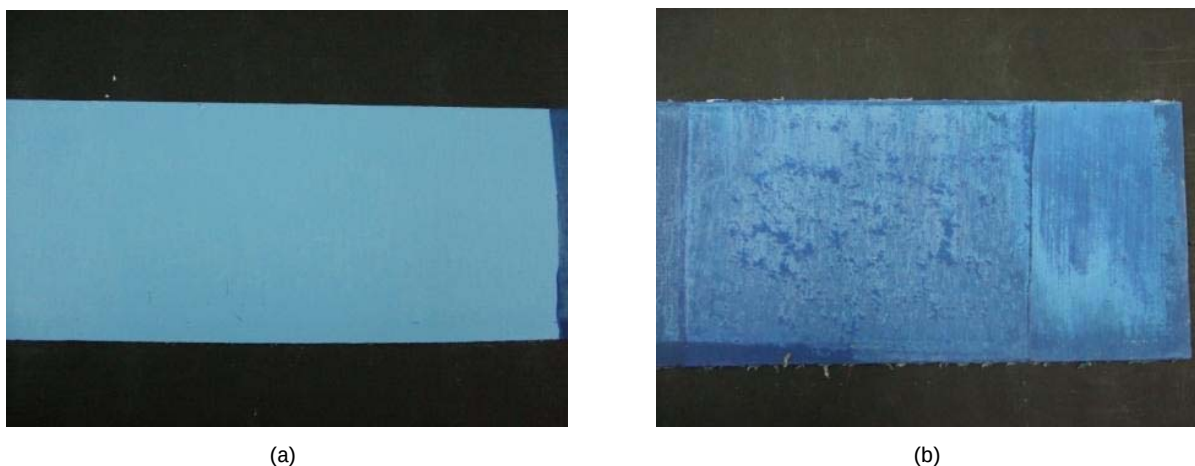


Figura 20 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Pastel); (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , com o primário B (base Transparente).

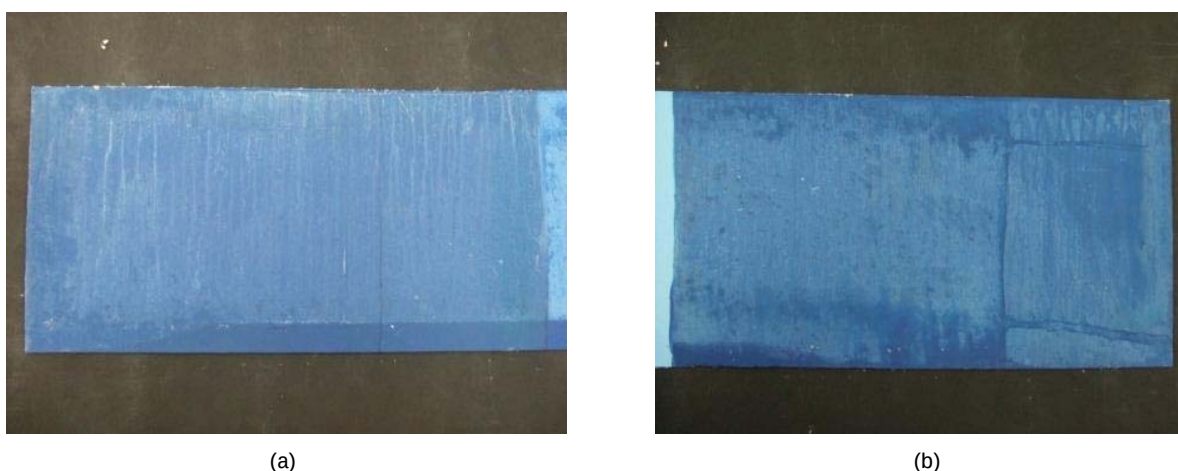


Figura 21 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).

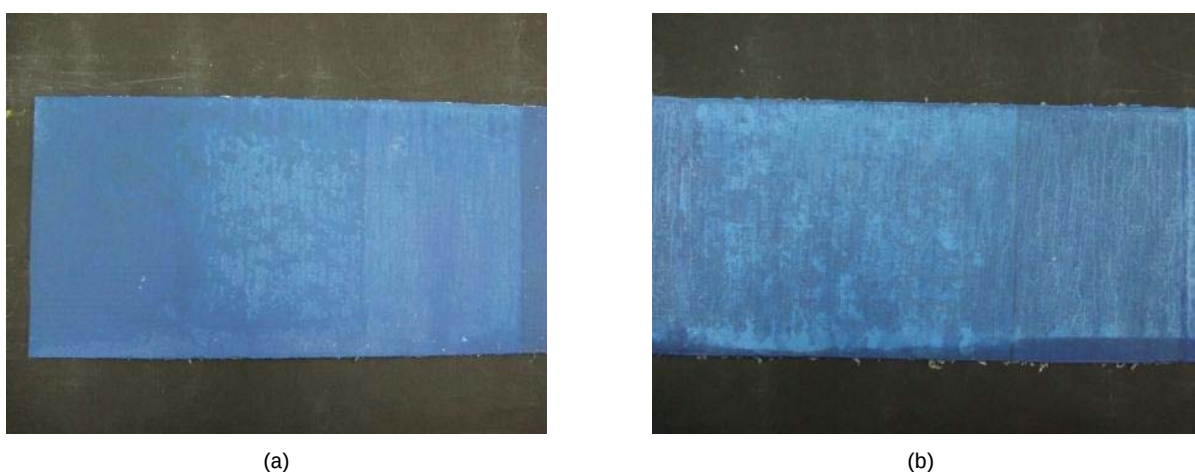


Figura 22 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).

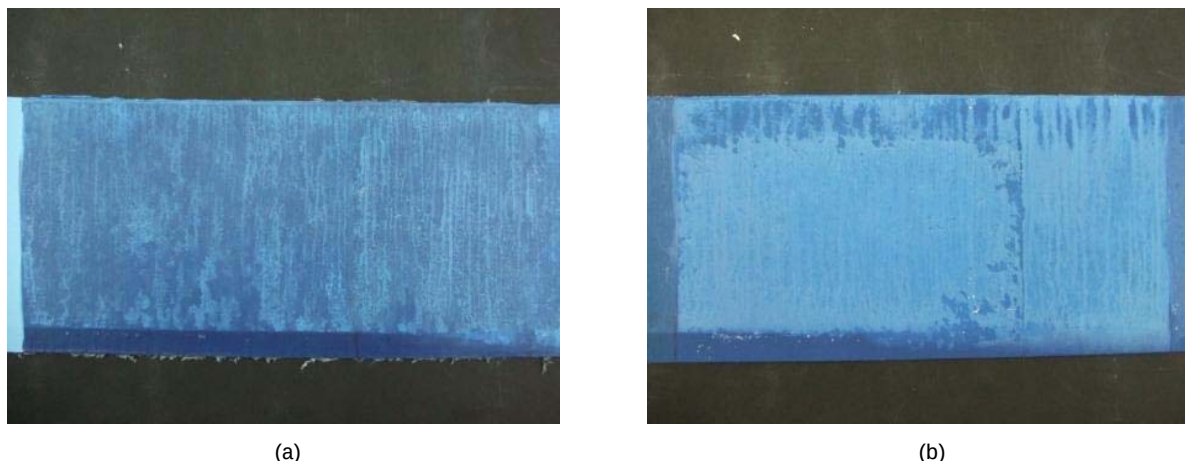


Figura 23 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).

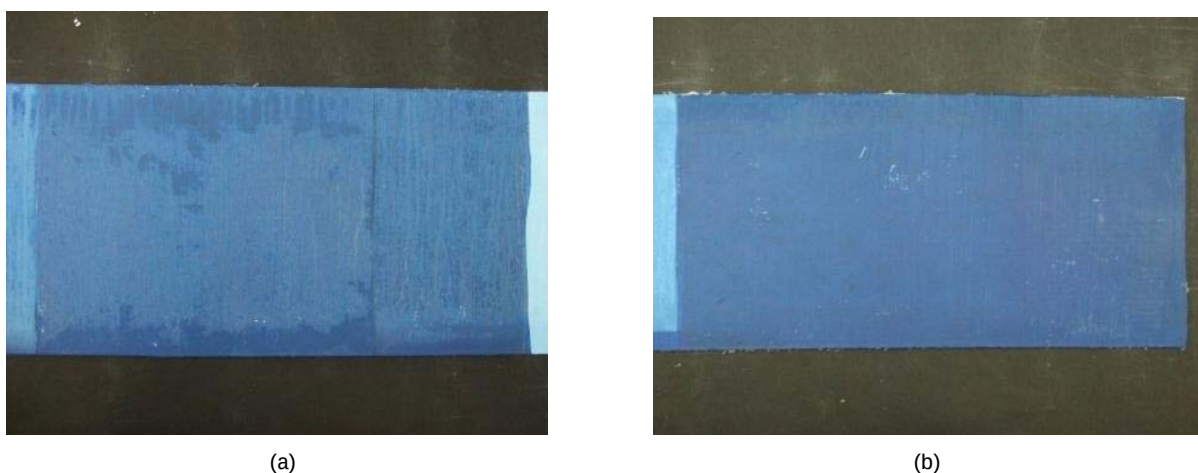


Figura 24 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC, com o primário B (base Transparente).

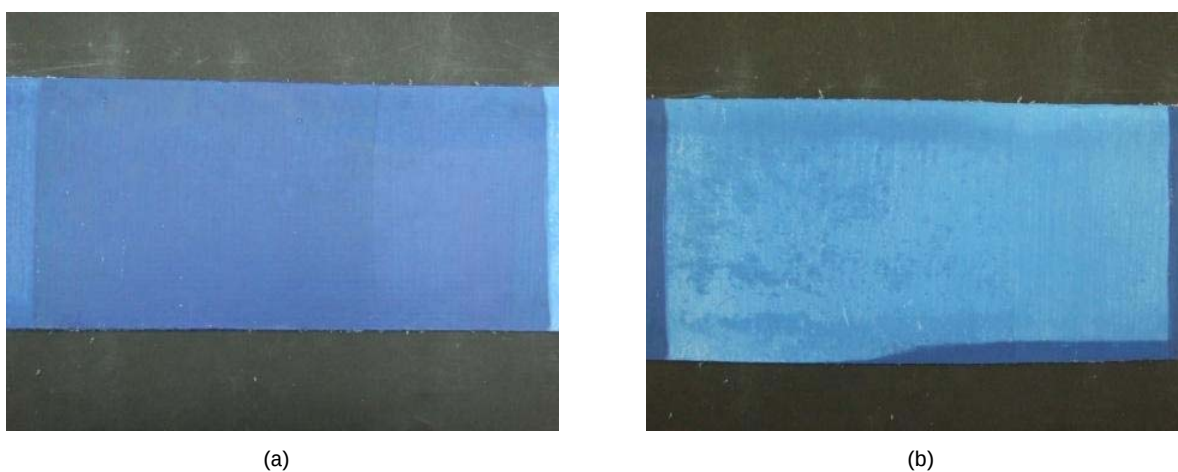


Figura 25 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC, com o primário B (base Transparente).

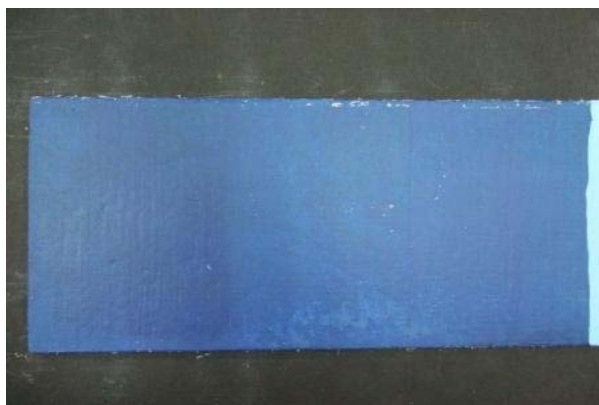
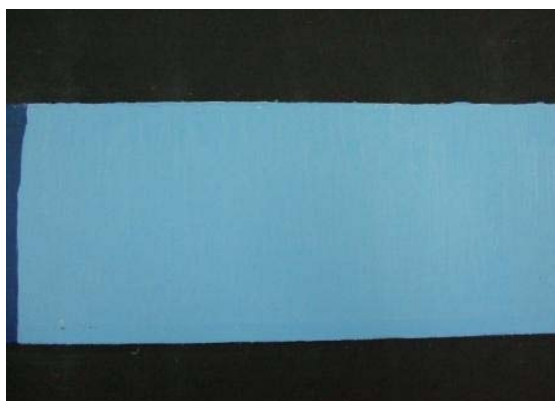
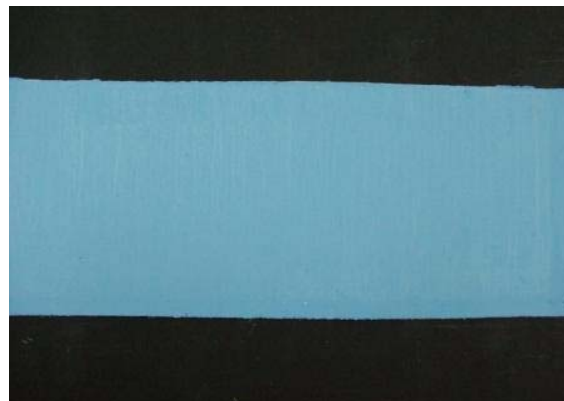


Figura 26 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 e menor PVC, com o primário B, na base Transparente.

Primário C

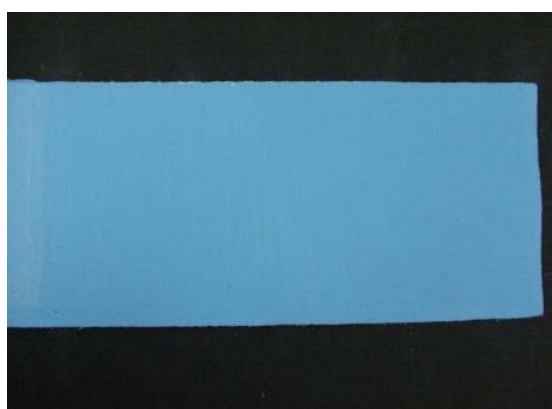


(a)

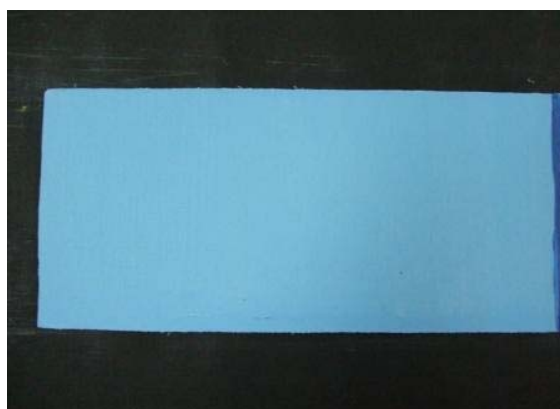


(b)

Figura 27 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , c/o primário C (base Pastel).

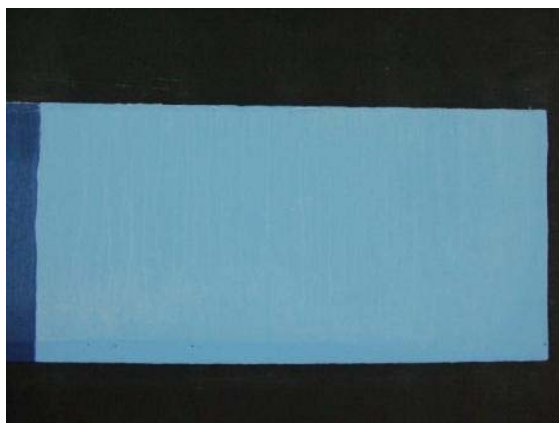


(a)

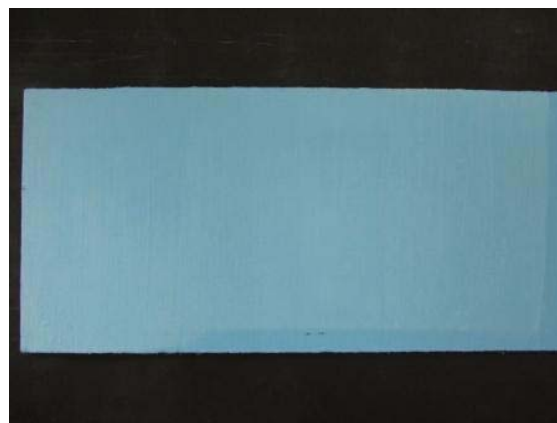


(b)

Figura 28 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).

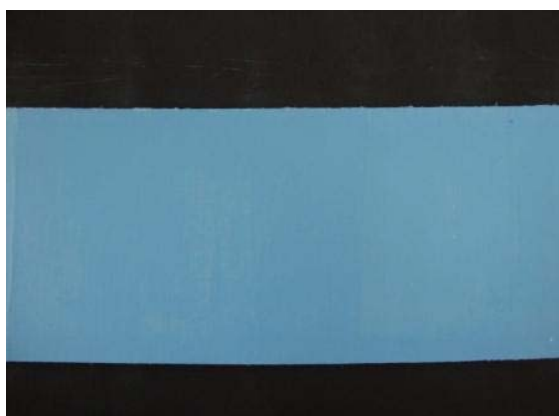


(a)

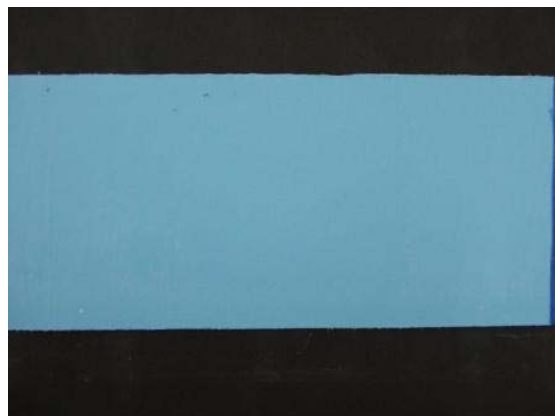


(b)

Figura 29 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).

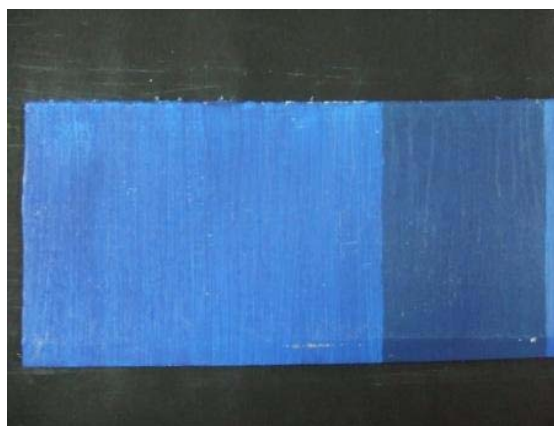


(a)

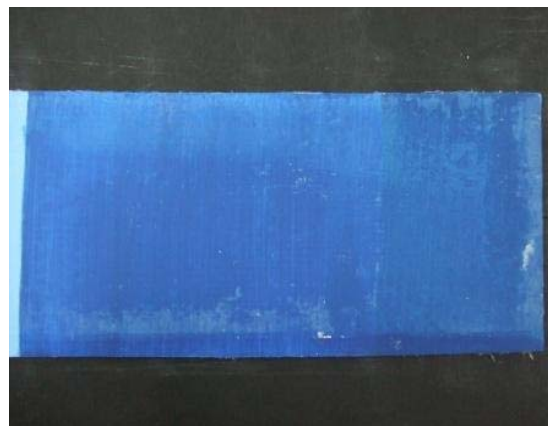


(b)

Figura 30 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).

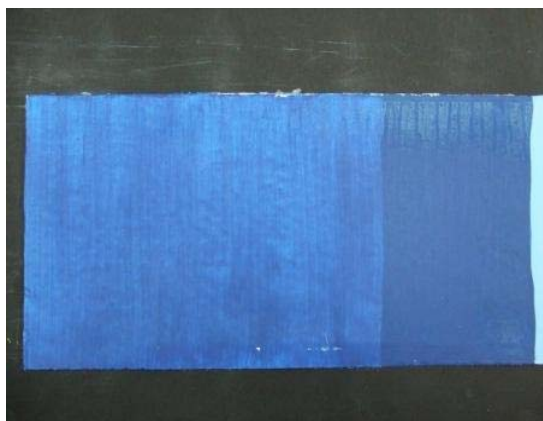


(a)

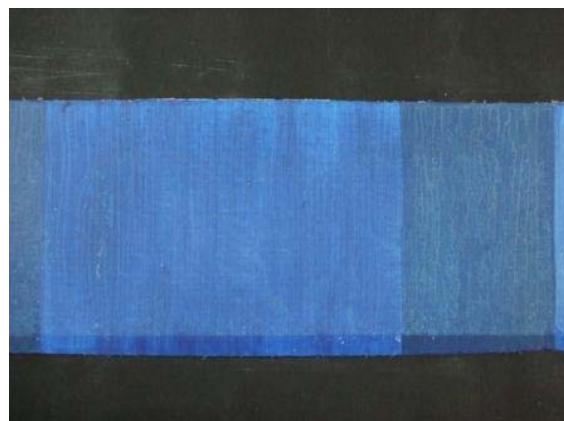


(b)

Figura 31 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).

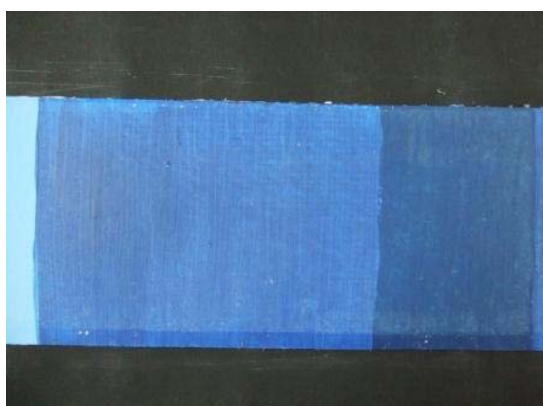


(a)

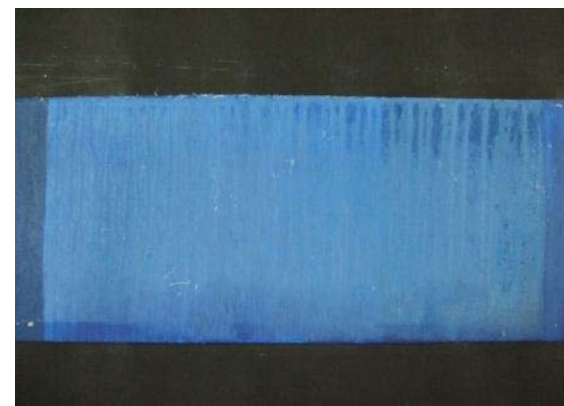


(b)

Figura 32 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).

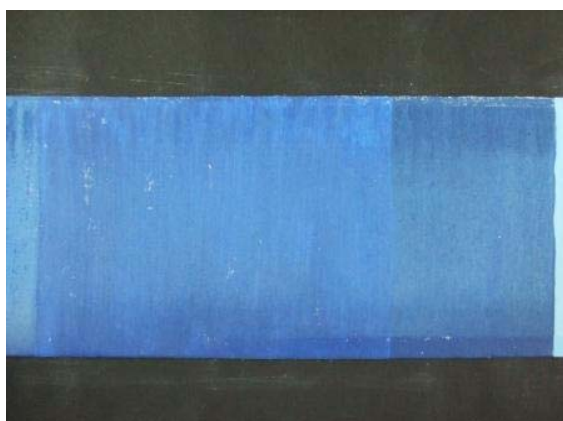


(a)

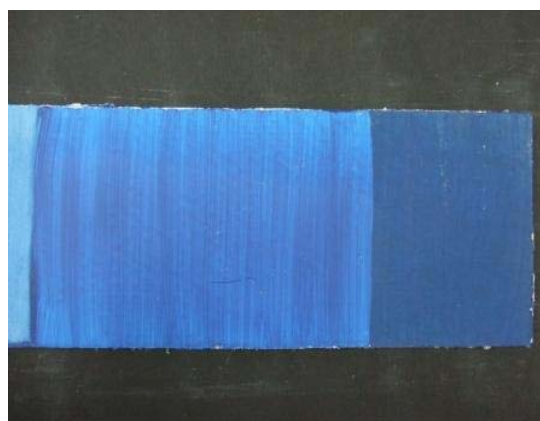


(b)

Figura 33 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).

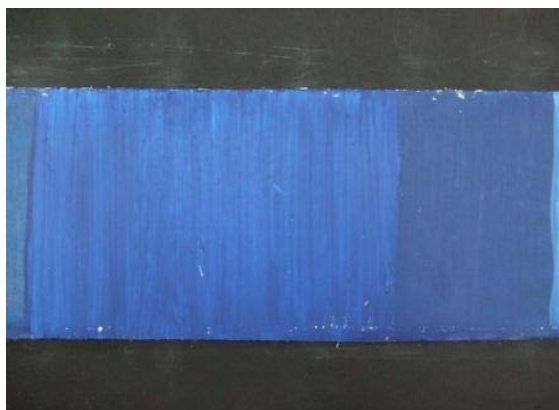


(a)



(b)

Figura 34 - Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 e menor PVC, com o primário C (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 35 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC, com o primário C (base Transparente).

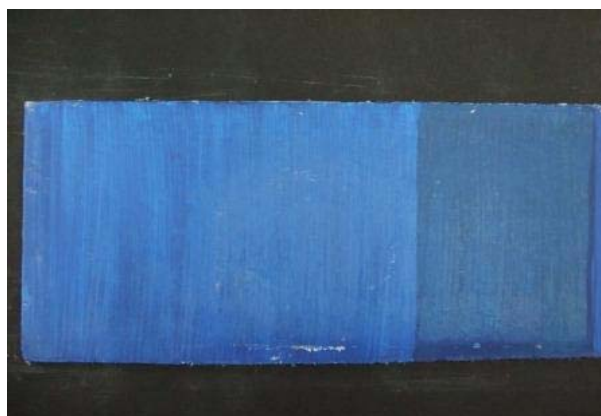
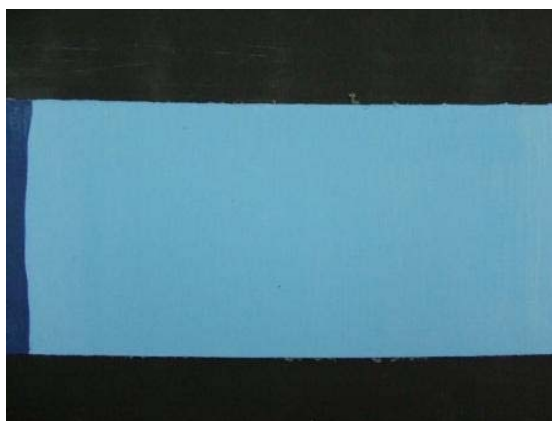


Figura 36 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 e menor PVC, com o primário C, na base Transparente.

Primário D

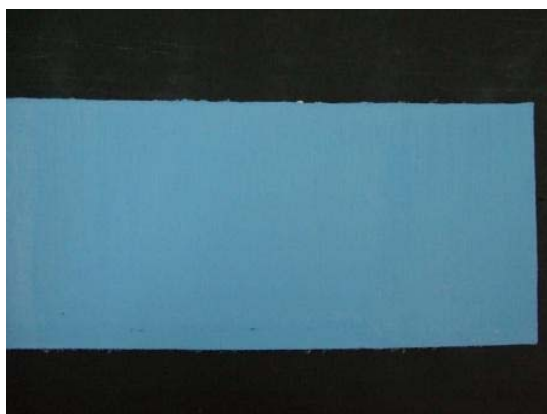


(a)

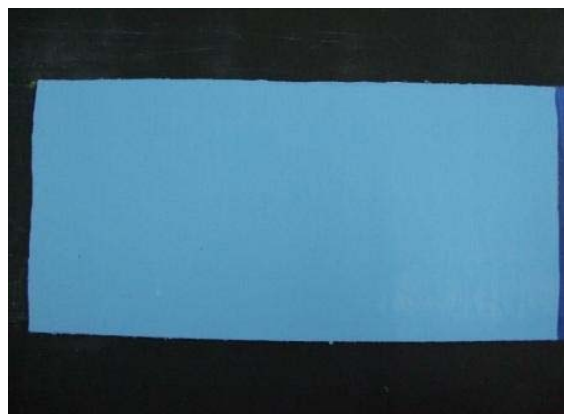


(b)

Figura 37 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , c/o primário D (base Pastel).

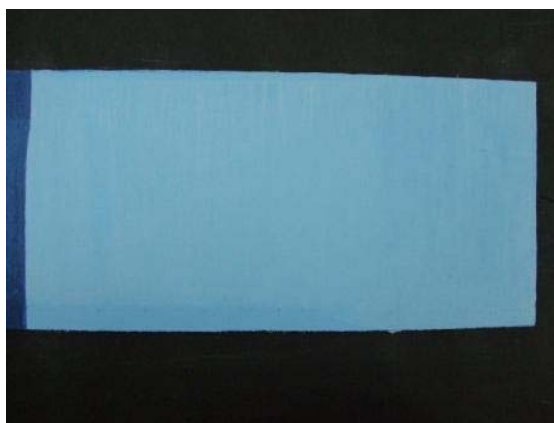


(a)

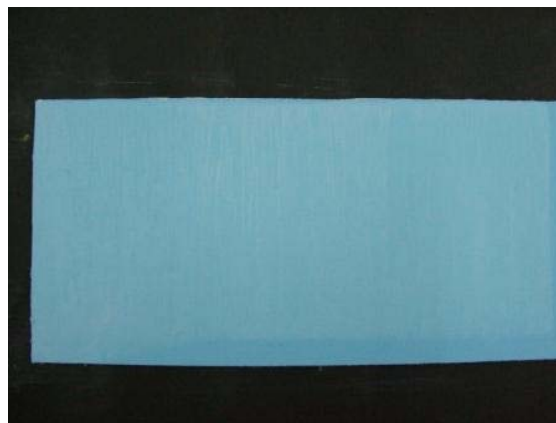


(b)

Figura 38 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).

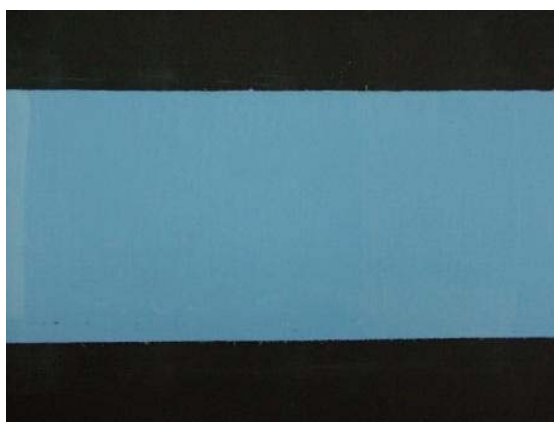


(a)

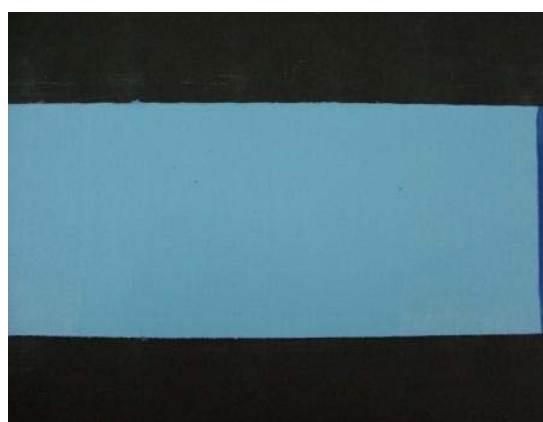


(b)

Figura 39 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).

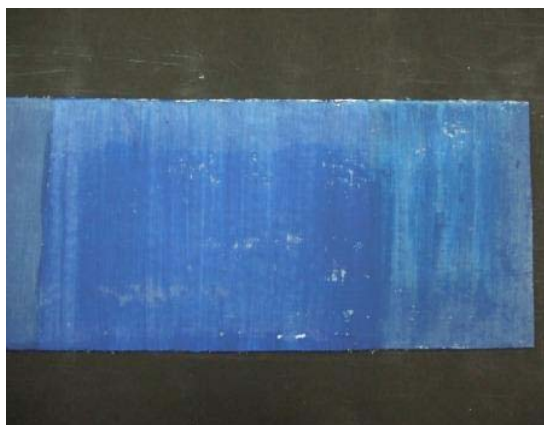


(a)

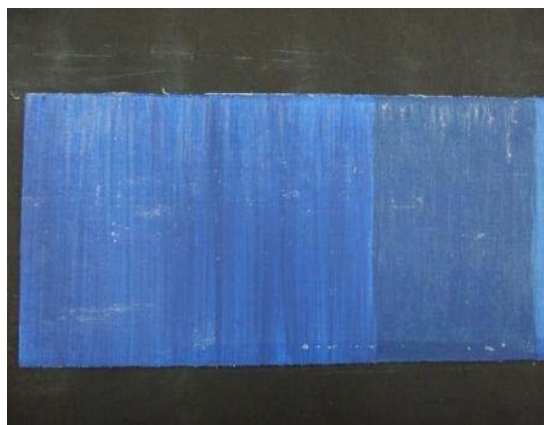


(b)

Figura 40 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , c/o primário D (base Pastel).

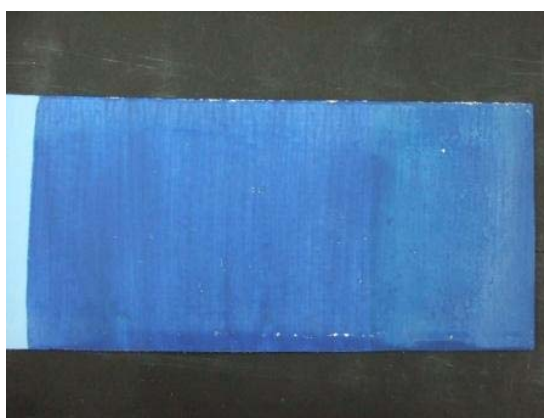


(a)

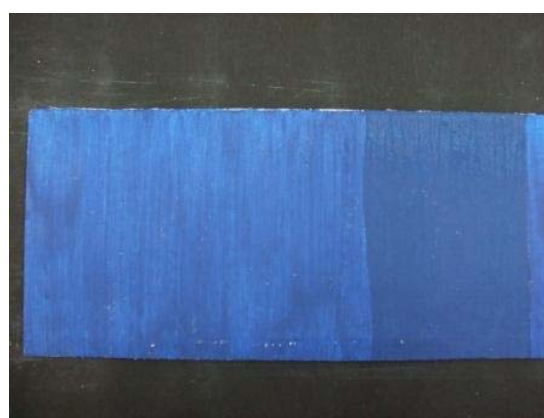


(b)

Figura 41 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).

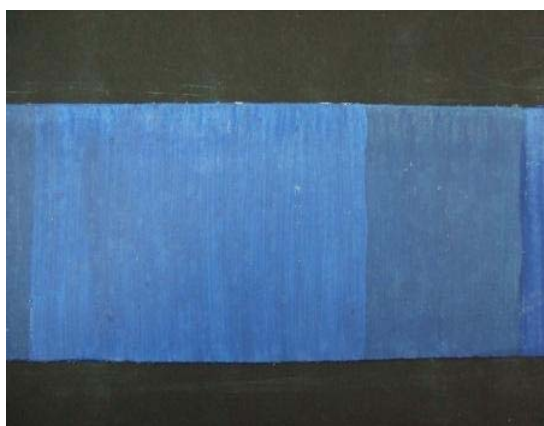


(a)

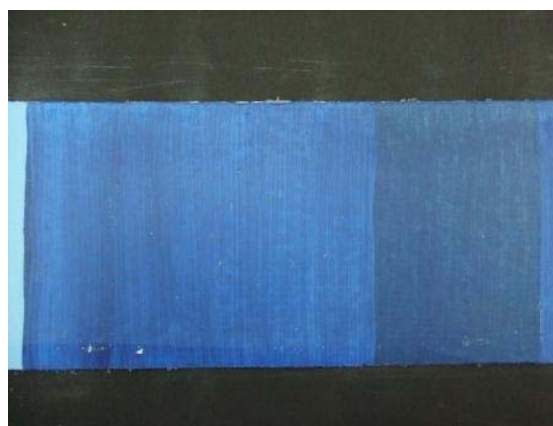


(b)

Figura 42 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 43 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).

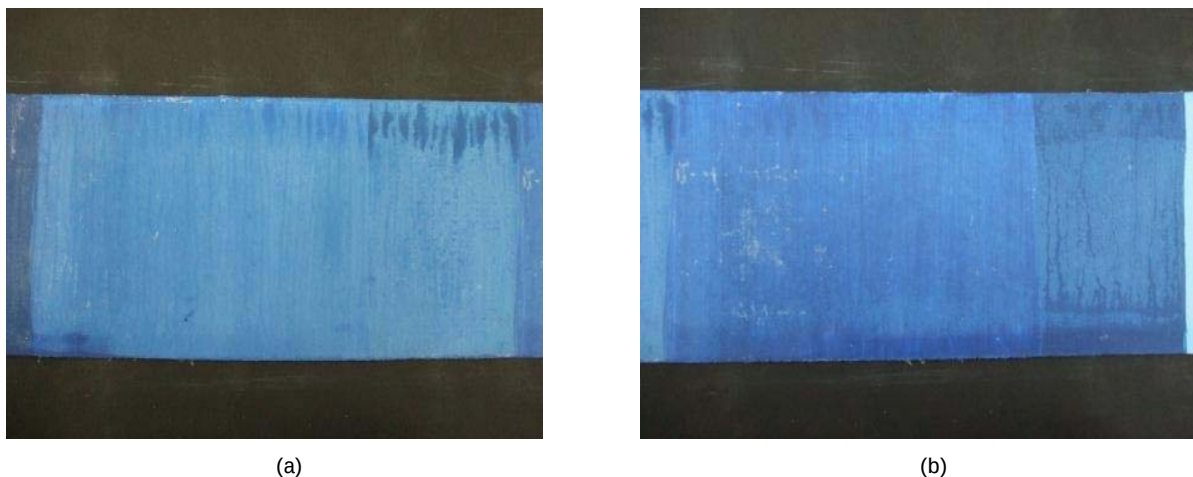


Figura 44 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).

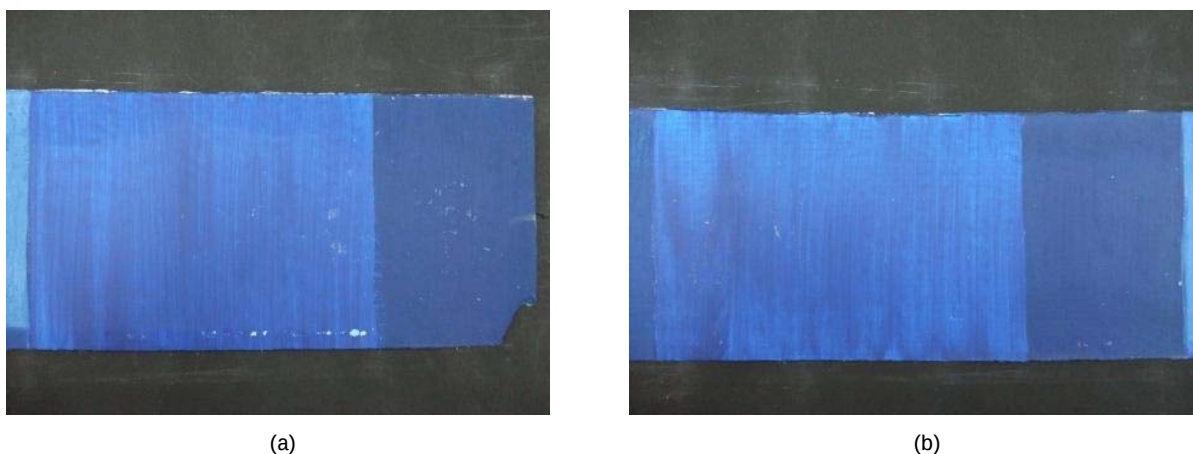


Figura 45 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC, com o primário D (base Transparente).

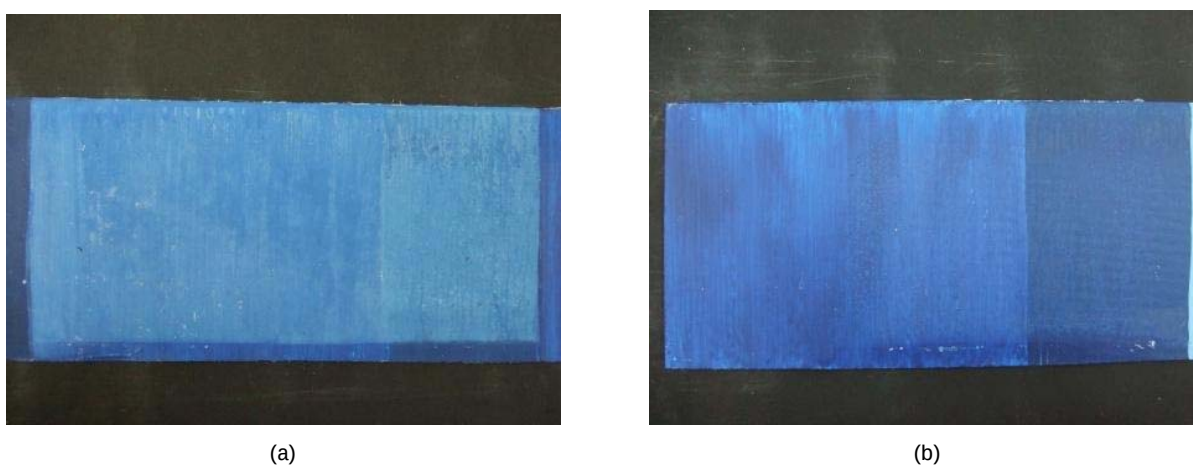


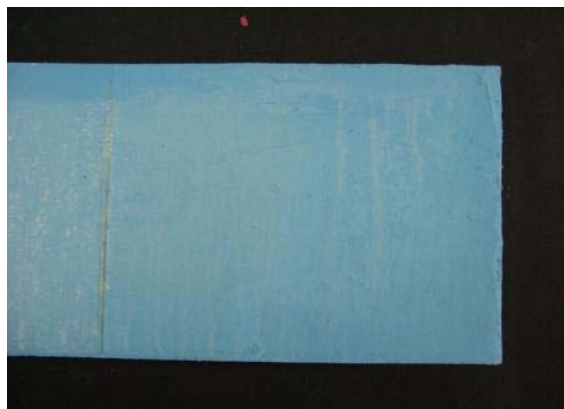
Figura 46 – Fotografia das placas após ensaio 72h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC, com o primário D (base Transparente).

2.2 Método das placas com Blockaid

Durante a discussão de resultados já foram apresentadas algumas fotografias do comportamento das tintas exterior experimentais sujeitas a este método. No entanto, as restantes fotografias das outras tintas experimentais são apresentadas de seguida.

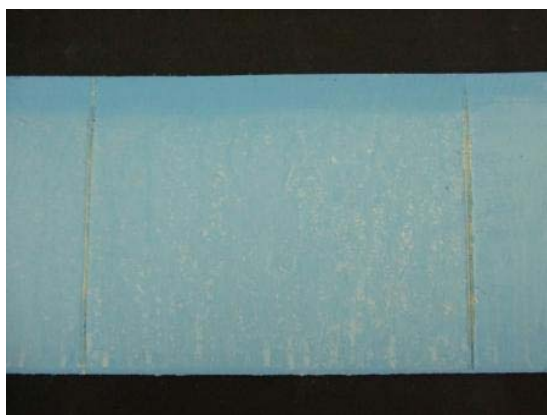


(a)

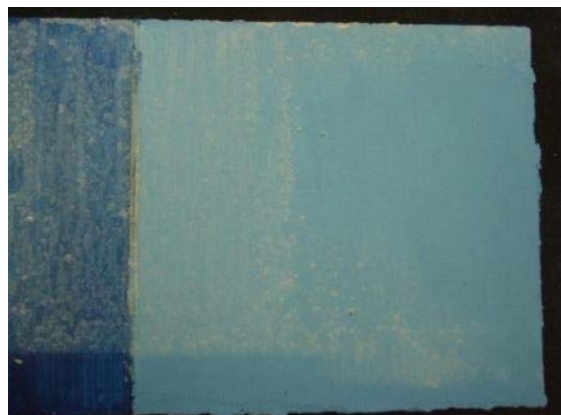


(b)

Figura 47 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Lig. A e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Lig. A e BaSO_4 (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 48 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Lig. B e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Lig. C e CaCO_3 (base Pastel).

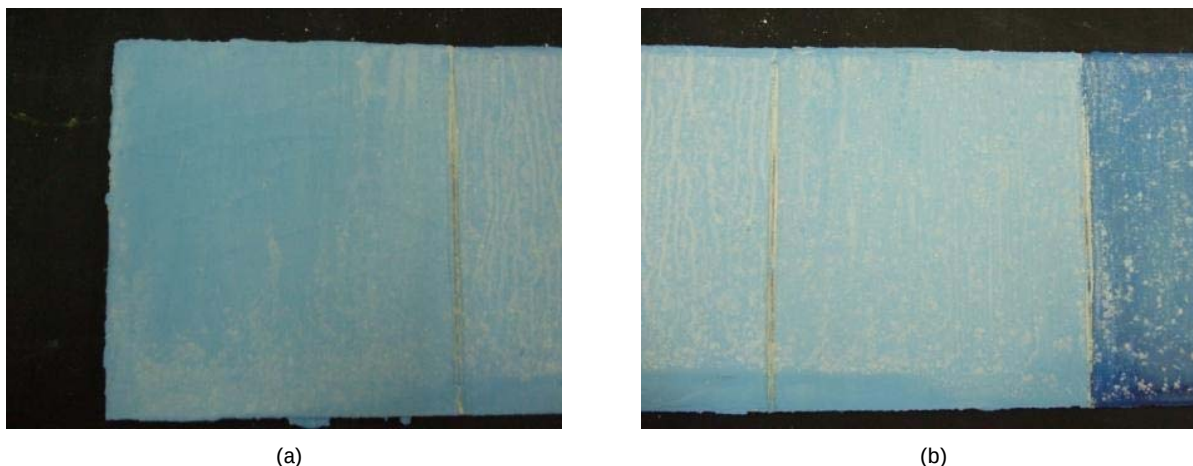


Figura 49 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Lig. C e BaSO_4 ; (b) da tinta exterior experimental c/Lig. D e BaSO_4 (base Pastel).

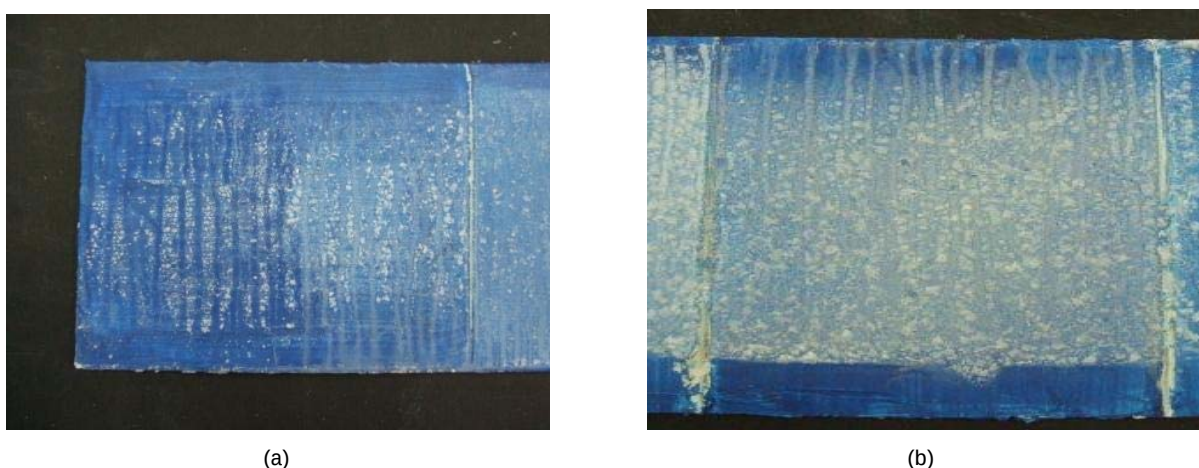


Figura 50 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 (base Transparente).

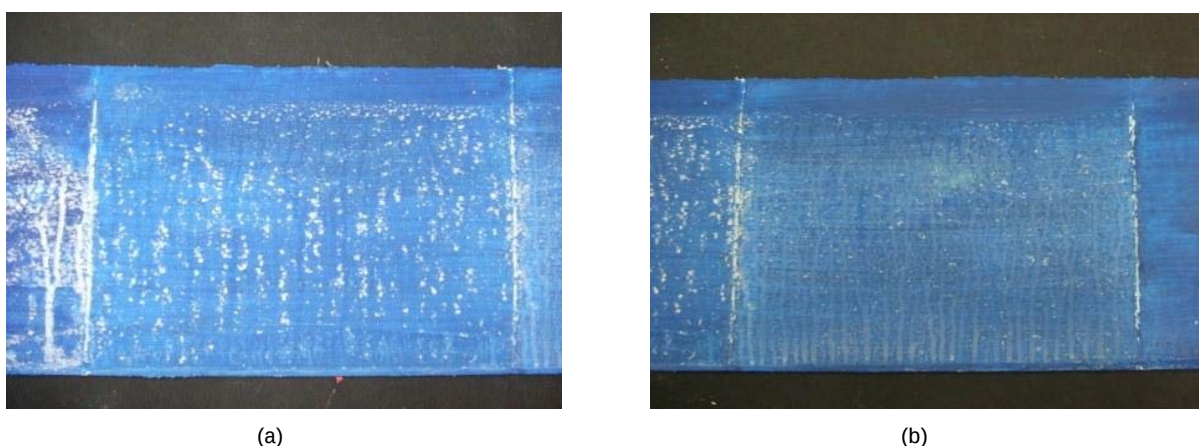
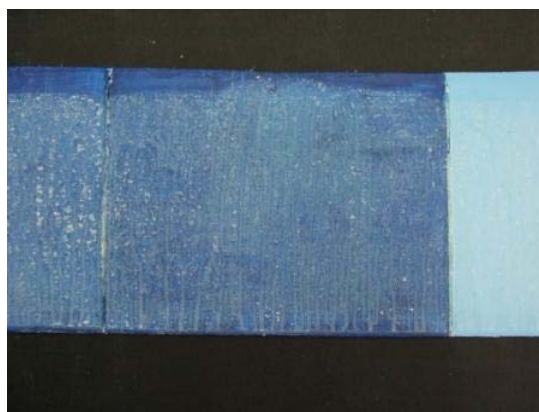


Figura 51 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante B e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante B e BaSO_4 (base Transparente).



(a)

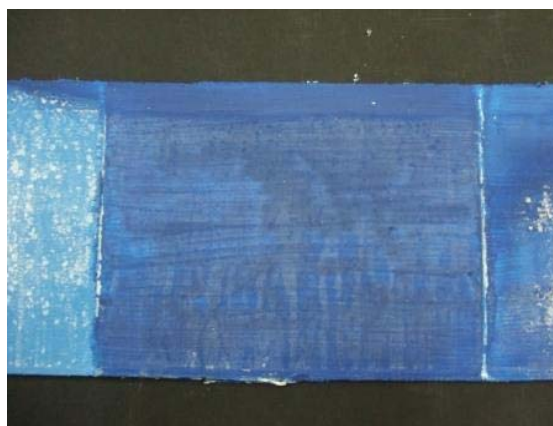


(b)

Figura 52 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante C e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante C e BaSO_4 (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 53 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante D e CaCO_3 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante A, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente).



(a)



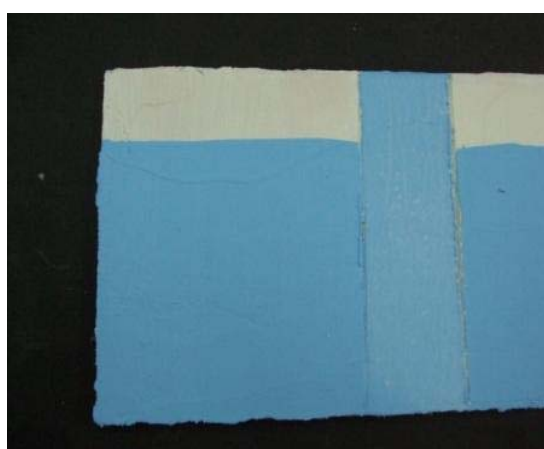
(b)

Figura 54 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante C, CaCO_3 e maior PVC; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante D, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente).

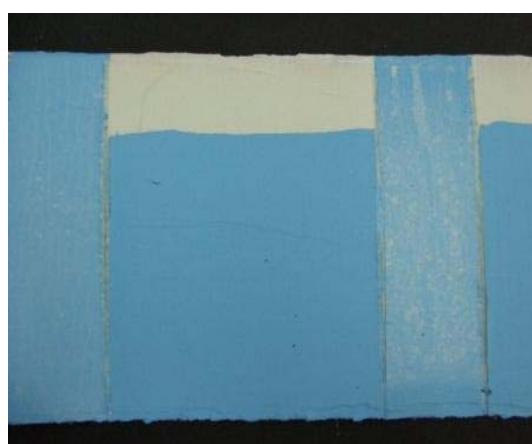
2.2.1 Determinação do melhor esquema de pintura – primários

Na discussão de resultados já foram apresentadas algumas fotografias do comportamento das tintas exterior experimentais com primário e sem primário, sujeitas a este método. No entanto, as restantes fotografias das placas com as outras tintas experimentais mais os primários testados são apresentadas de seguida. Todas as fotografias têm uma zona só com primário em cima, a tinta com primário à esquerda e a tinta sem primário à direita.

Primário A

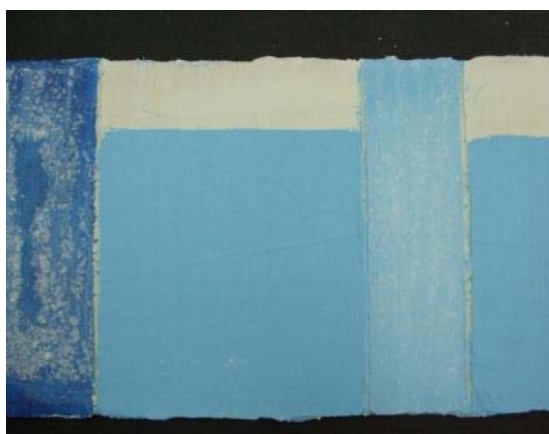


(a)

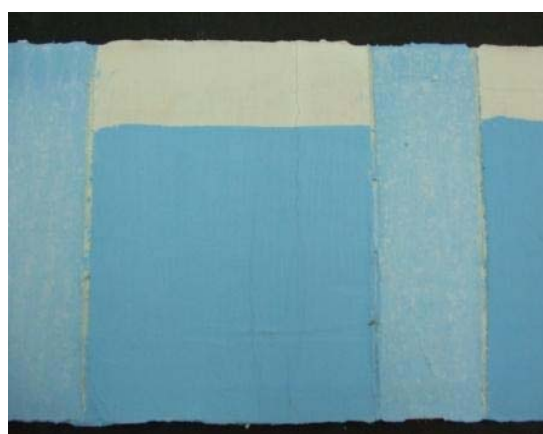


(b)

Figura 55 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , com o primário A (base Pastel).



(a)

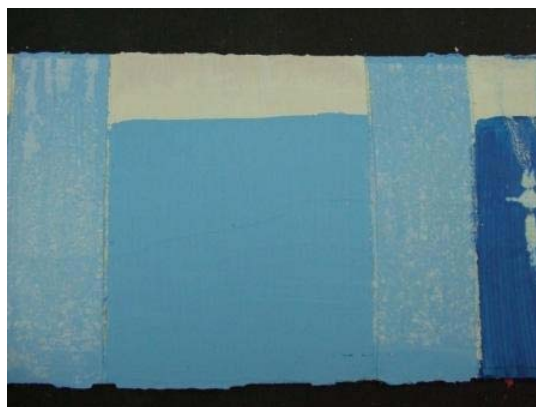


(b)

Figura 56 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário A (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 57 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário A (base Pastel).

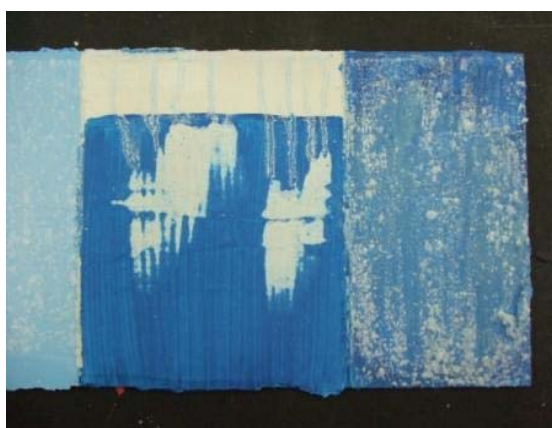


(a)



(b)

Figura 58 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).



(a)

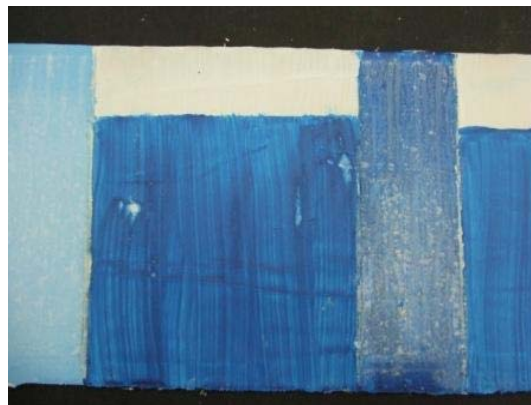


(b)

Figura 59 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 60 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).

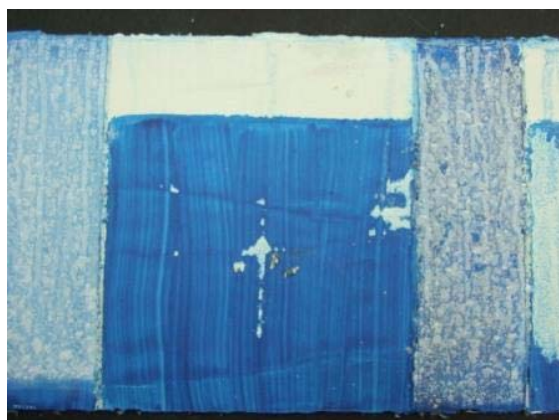


(a)



(b)

Figura 61 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário A (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 62 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC, com o primário A (base Transparente).

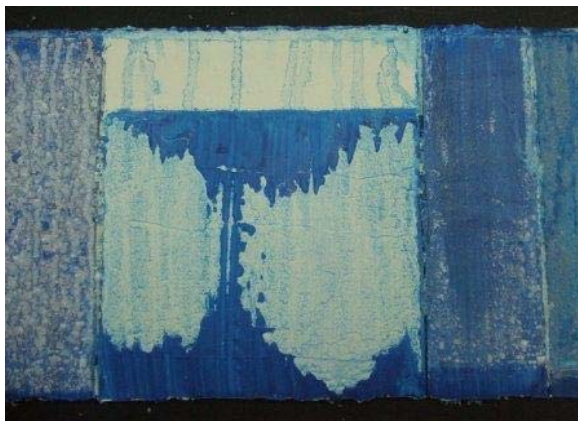
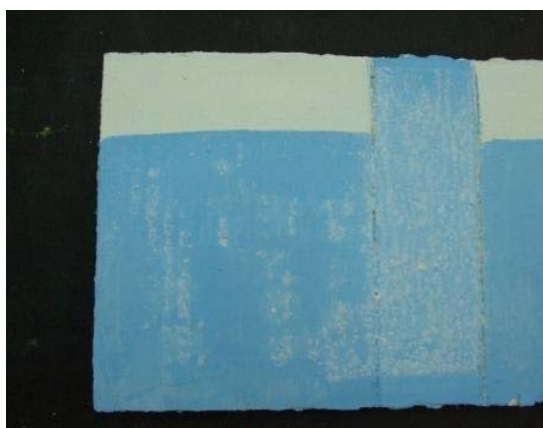
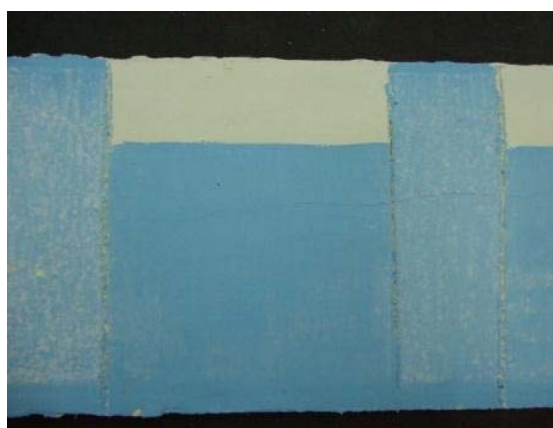


Figura 63 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 e menor PVC, com o primário A, na base Transparente.

Primário B

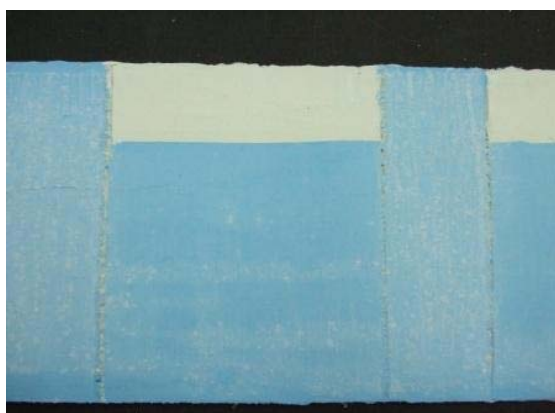


(a)

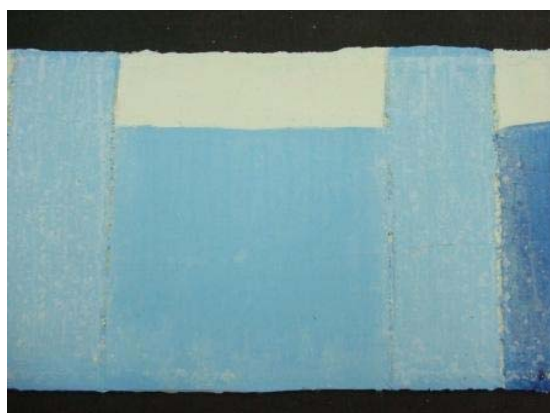


(b)

Figura 64 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , c/o primário B (base Pastel).

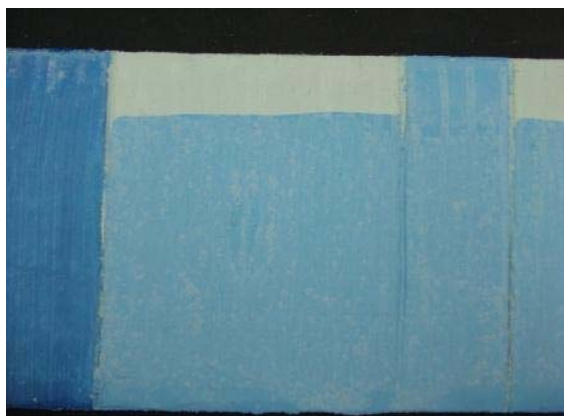


(a)

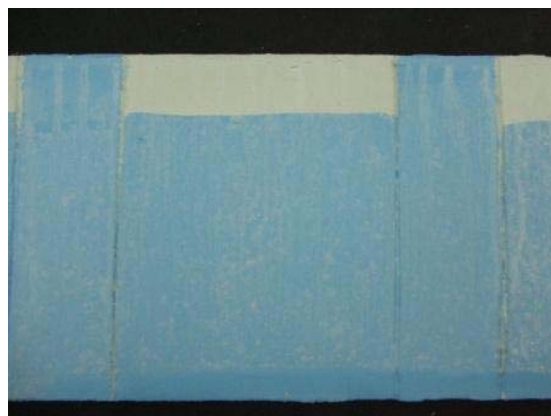


(b)

Figura 65 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário B (base Pastel).

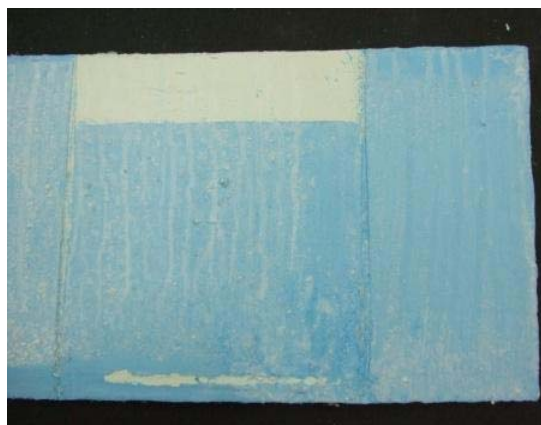


(a)



(b)

Figura 66 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário B (base Pastel).



(a)

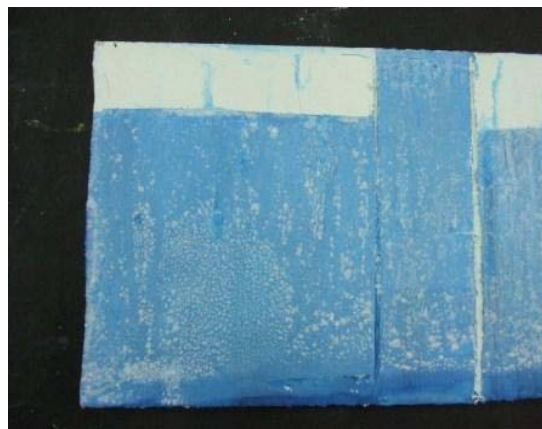


(b)

Figura 67 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Pastel); (b) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 (base Transparente), com o primário B.



(a)



(b)

Figura 68 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).

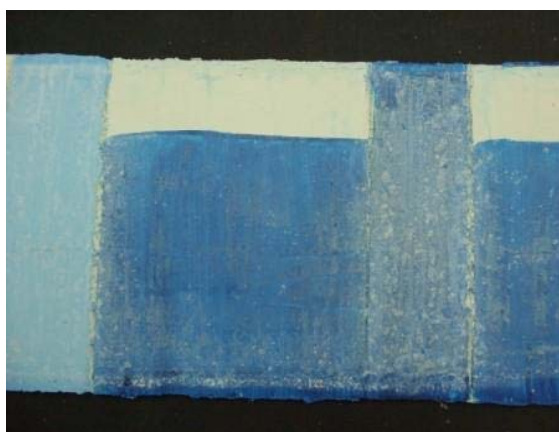


(a)

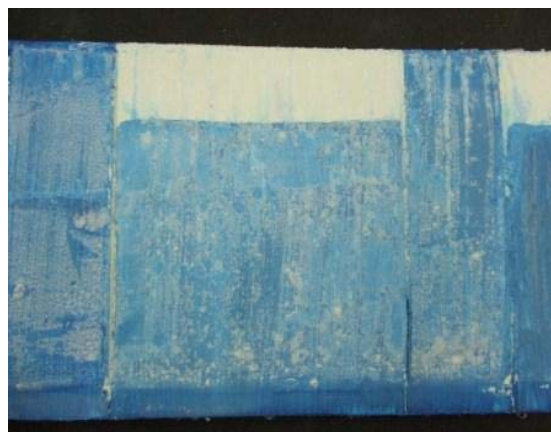


(b)

Figura 69 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).



(a)

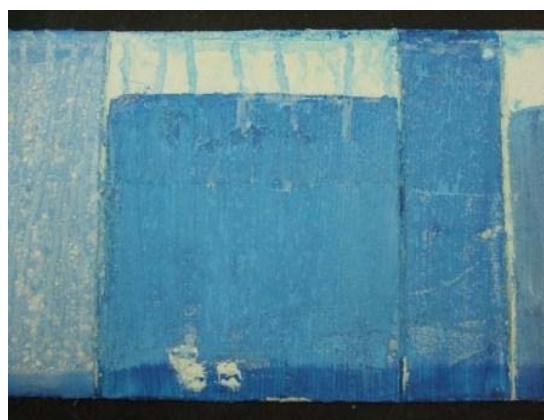


(b)

Figura 70 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , com o primário B (base Transparente).



(a)

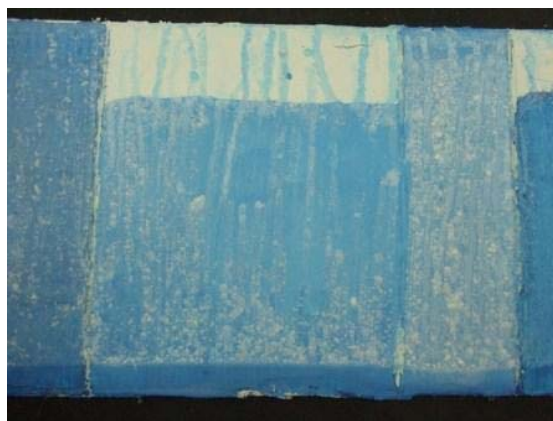


(b)

Figura 71 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC, com o primário B (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 72 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC, com o primário B (base Transparente).

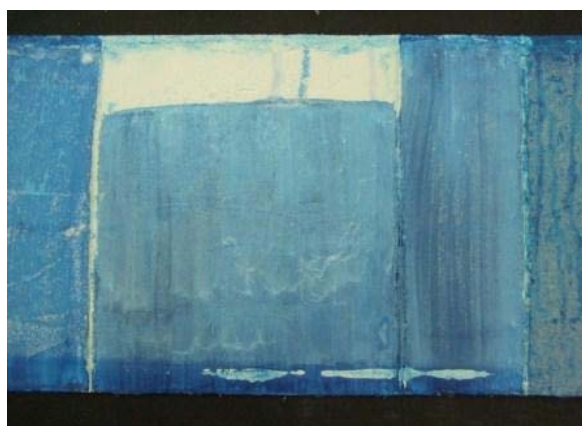
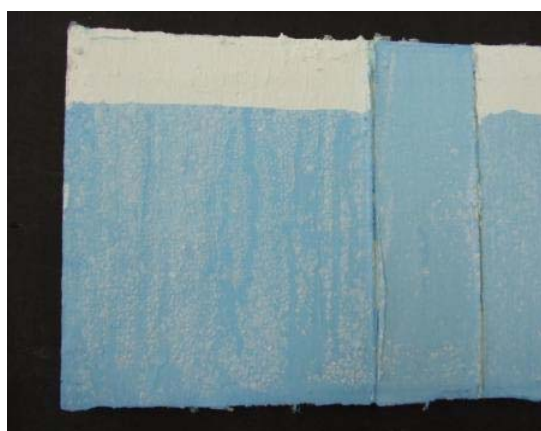
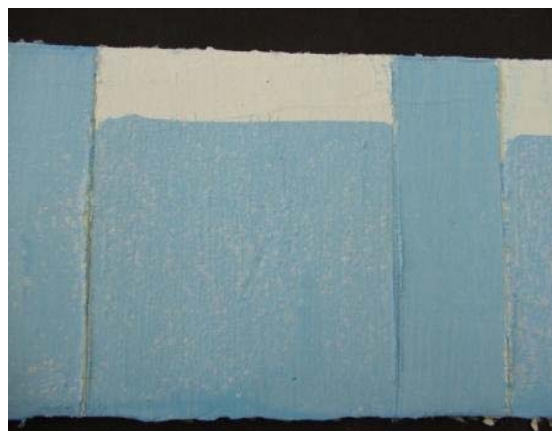


Figura 73 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC, com o primário B, na base Transparente.

Primário C

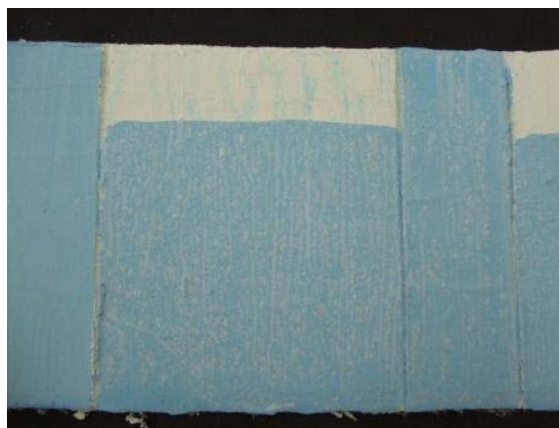


(a)

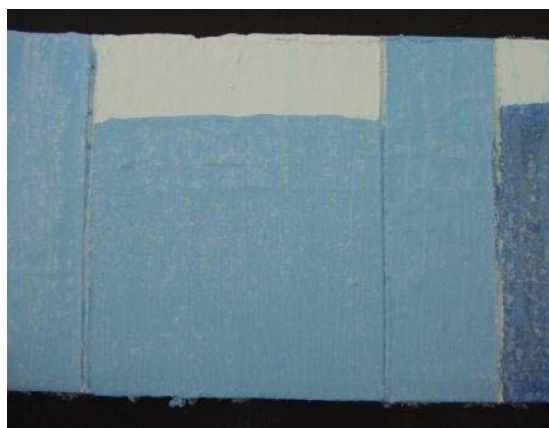


(b)

Figura 74 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , c/o primário C (base Pastel).



(a)

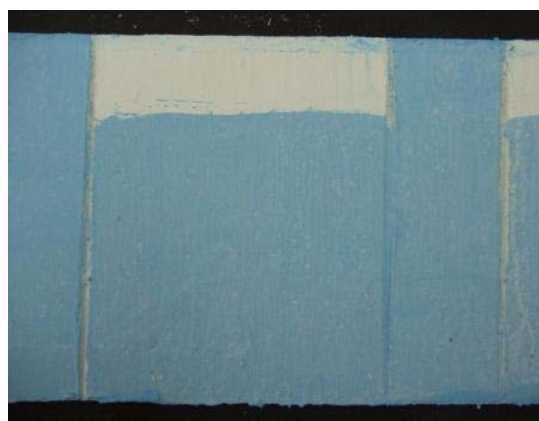


(b)

Figura 75 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).

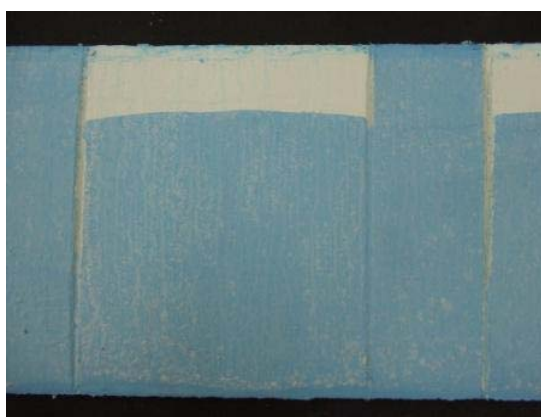


(a)

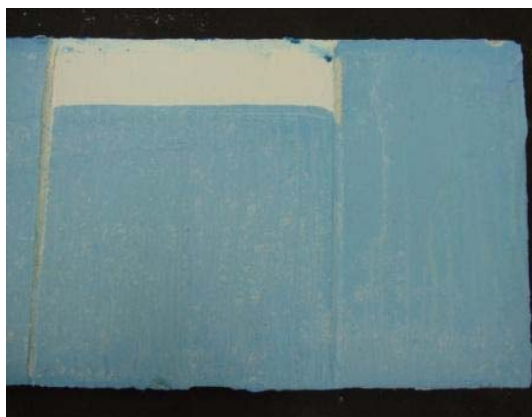


(b)

Figura 76 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 77 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário C (base Pastel).



(a)



(b)

Figura 78 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 79 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).

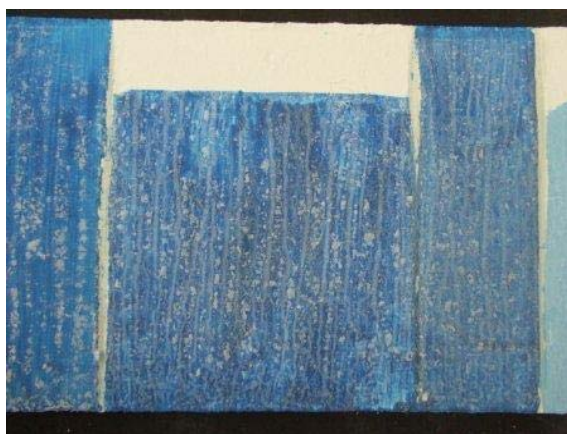


(a)

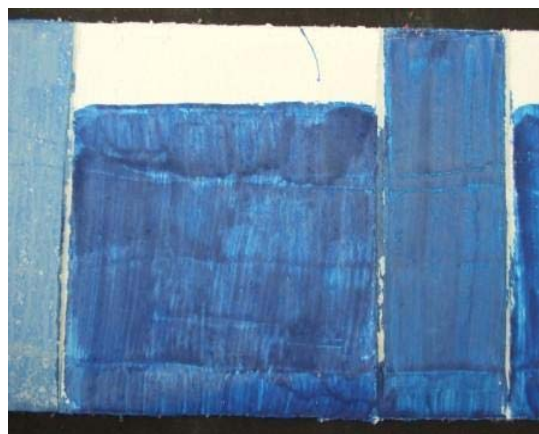


(b)

Figura 80 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 , com o primário C (base Transparente).

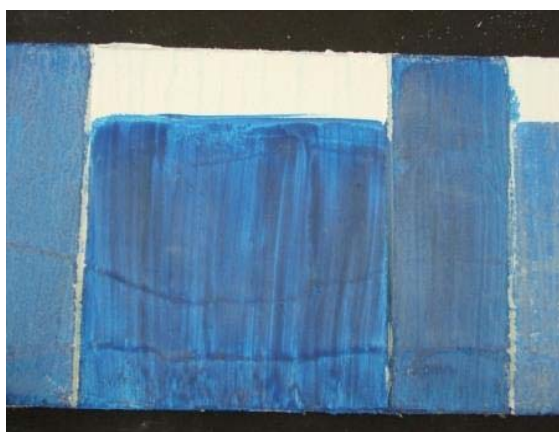


(a)

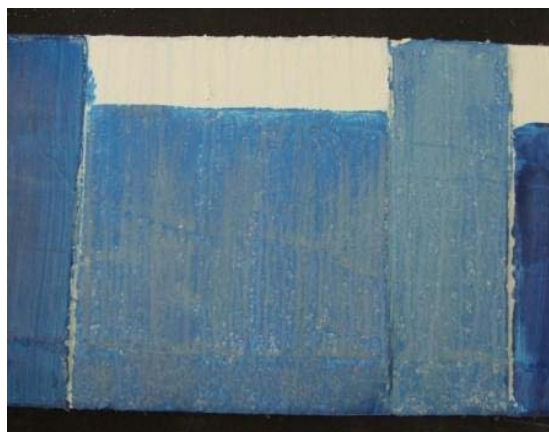


(b)

Figura 81 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 e menor PVC, com o primário C (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 82 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC, com o primário C (base Transparente).

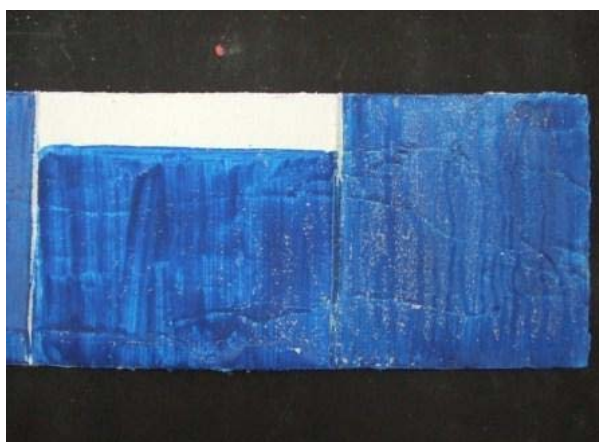
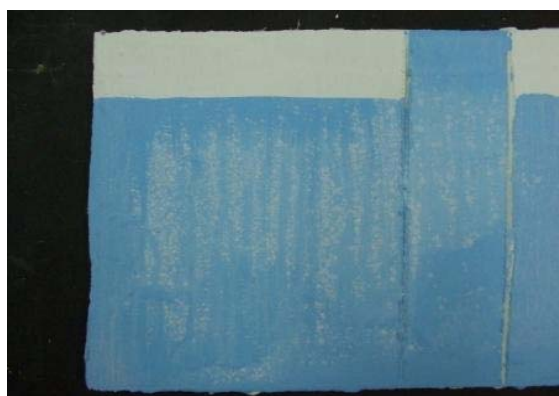
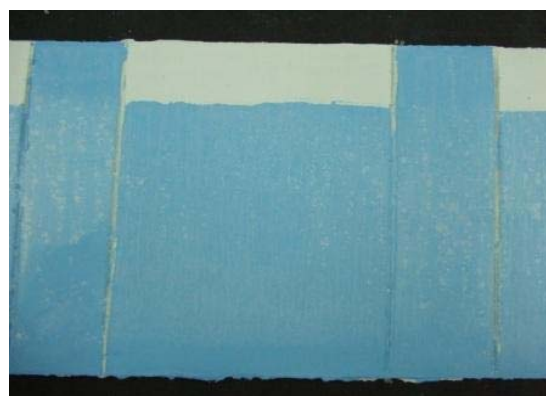


Figura 83 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC, com o primário C (base Transparente).

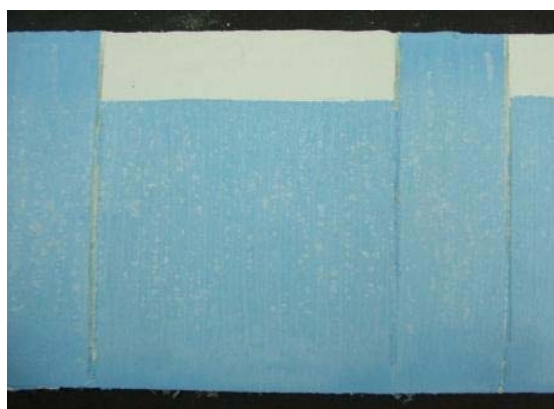
Primário D

(a)

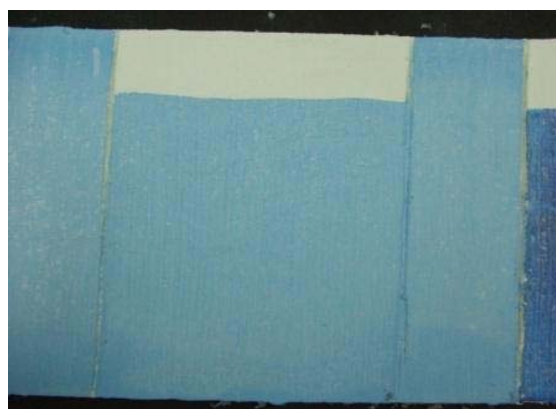


(b)

Figura 84 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).



(a)

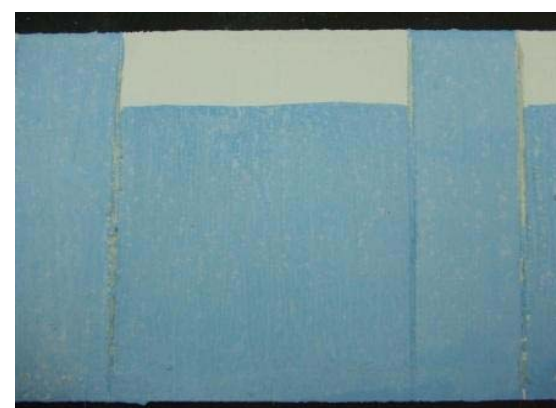


(b)

Figura 85 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).

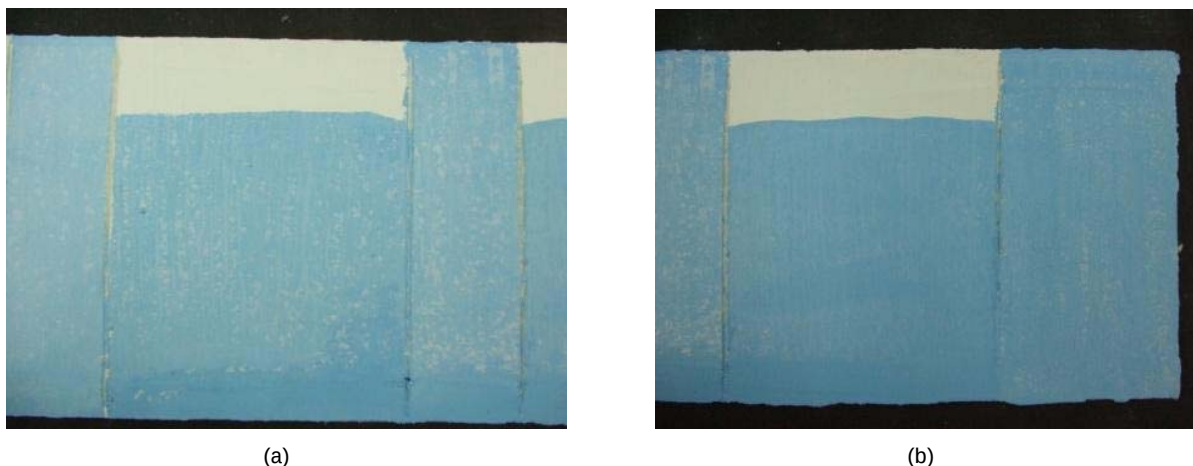


(a)



(b)

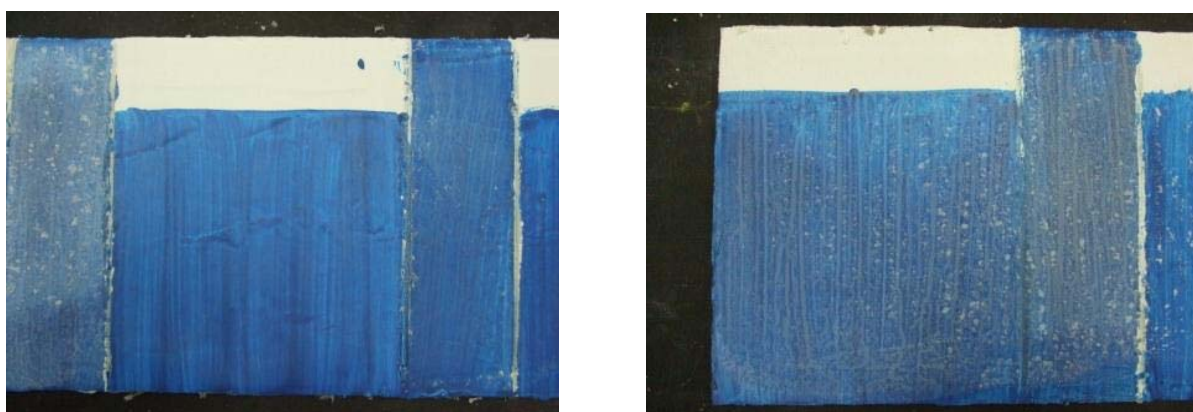
Figura 86 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).



(a)

(b)

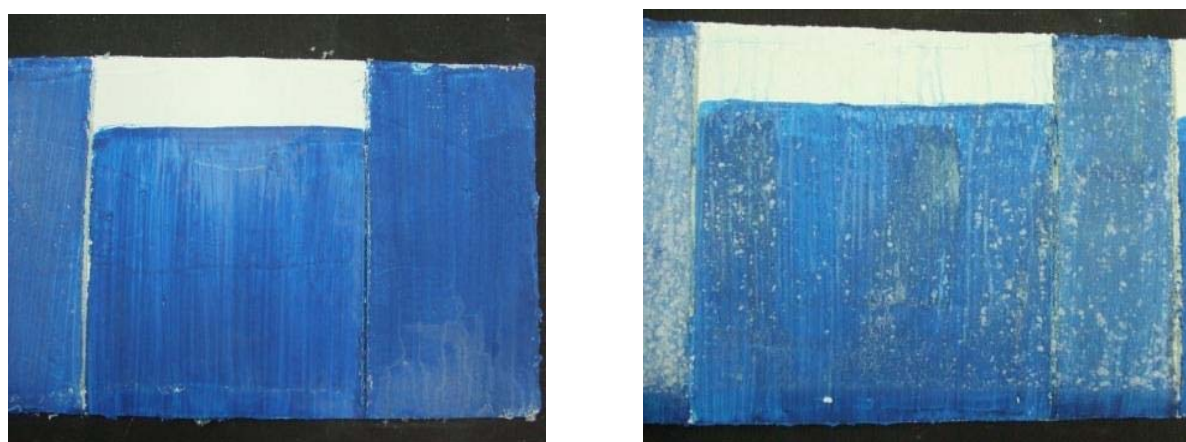
Figura 87 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , com o primário D (base Pastel).



(a)

(b)

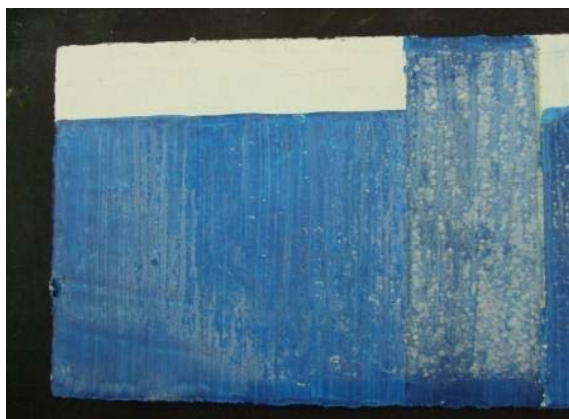
Figura 88 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).



(a)

(b)

Figura 89 - Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.B, BaSO_4 , com o primário D (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 90 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.C, BaSO_4 com o primário D (base Transparente).



(a)



(b)

Figura 91 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) da tinta ext exp c/lig.D, BaSO_4 com o primário D (base Transparente).

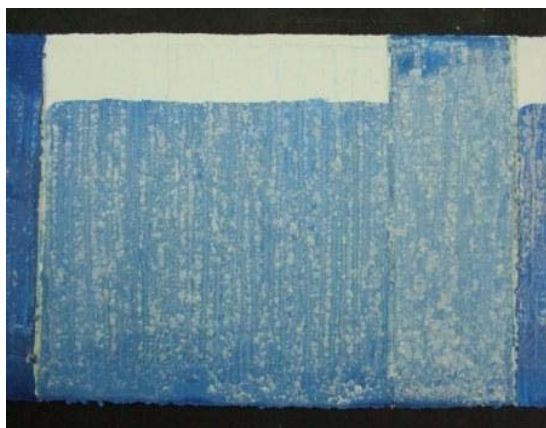


(a)

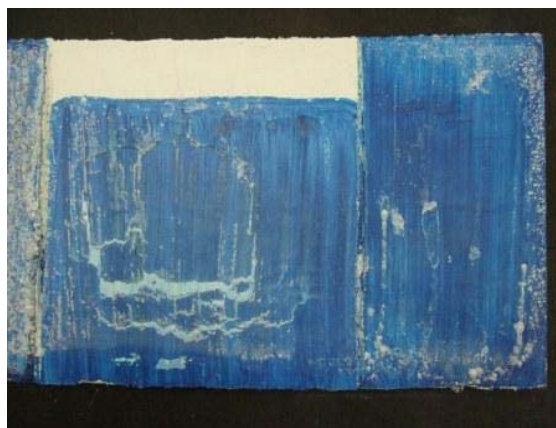


(b)

Figura 92 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC com o primário D (base Transparente).



(a)

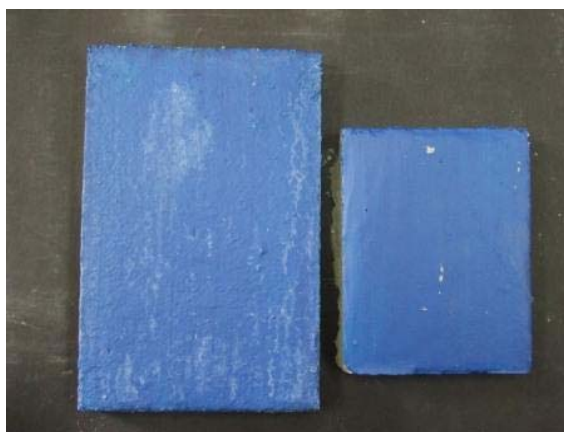


(b)

Figura 93 – Fotografia das placas após ensaio 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC; (b) da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC com o primário D (base Transparente).

2.3 Método 3 - Provetes de argamassa de cimento

Como apenas foram testadas quatro tintas experimentais neste método, são mostradas de seguida as outras duas fotografias que não se mostraram na discussão de resultados.



(a)



(b)

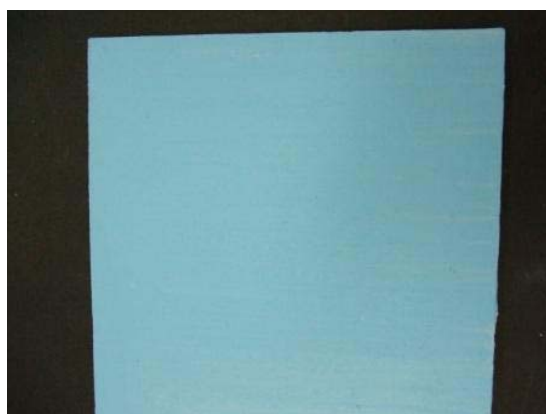
Figura 94 – Fotografia dos provetes após ensaio de oito dias na câmara de condensação: (a) da tinta exterior experimental c/Ligante A e BaSO_4 ; (b) da tinta exterior experimental c/Ligante C, CaCO_3 (padrão à direita), na base Transparente.

2.4 Comparação dos dois métodos

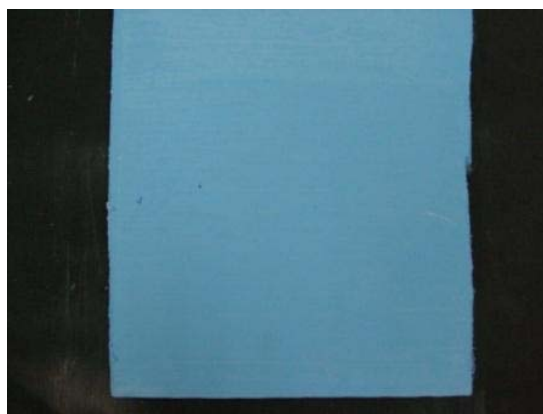
Depois da comparação dos resultados obtidos pelos métodos 1 e 2, decidiu-se proceder à repetição dos dois métodos. Esta repetição consistia em submeter as placas, no intervalo da cura, a uma câmara de climatização em condições de temperatura e humidade especificadas. Deste modo, escolheram-se duas condições diferentes, um ambiente seco a 23°C e 50% de humidade e um ambiente mais húmido, 10°C e 80% de humidade. Também se repetiu o método das placas com Blockaid aplicando duas demãos.

As fotografias das placas com os comportamentos das várias tintas experimentais, resultantes destas condições, podem ser observadas de seguida.

Métodos das placas de fibrocimento



(a)



(b)

Figura 95 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 96 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

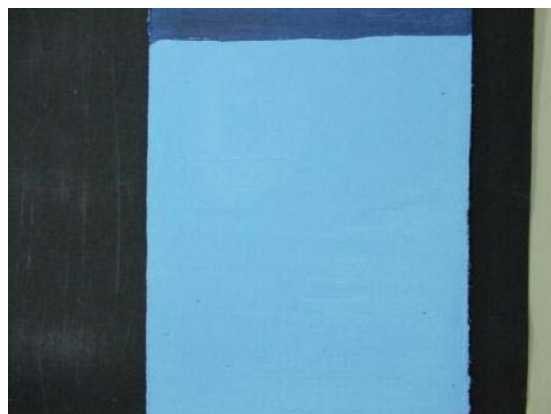


(b)

Figura 97 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

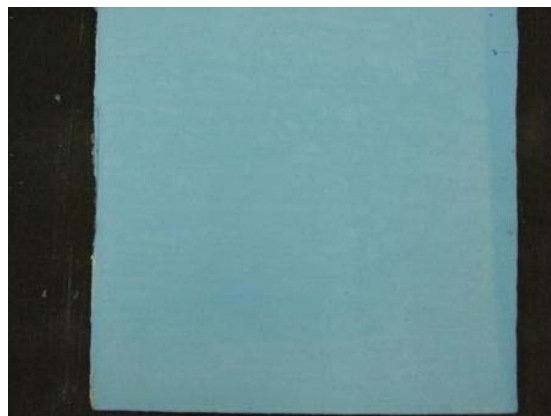


(b)

Figura 98 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

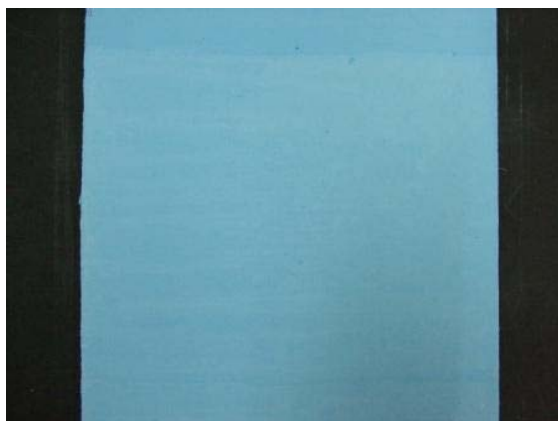


(a)



(b)

Figura 99 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 100 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

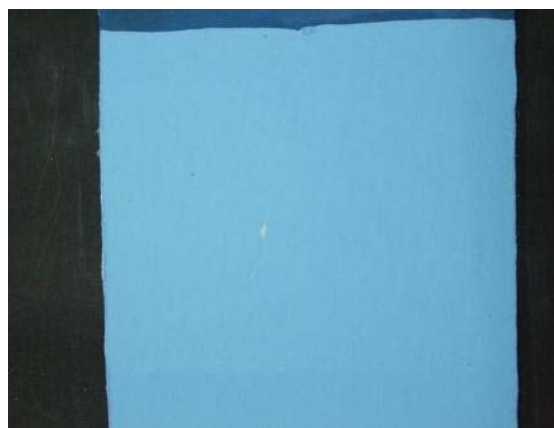


(b)

Figura 101 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade, (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 102 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 103 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

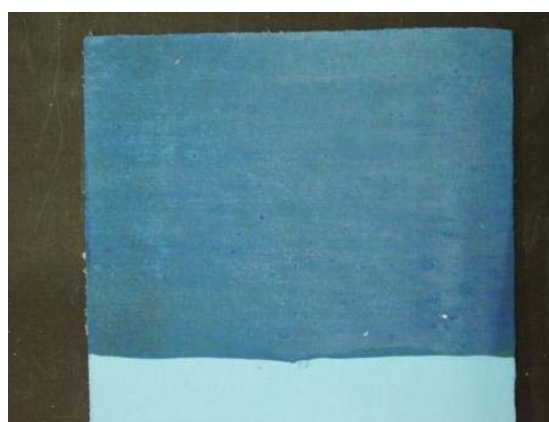


(b)

Figura 104 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

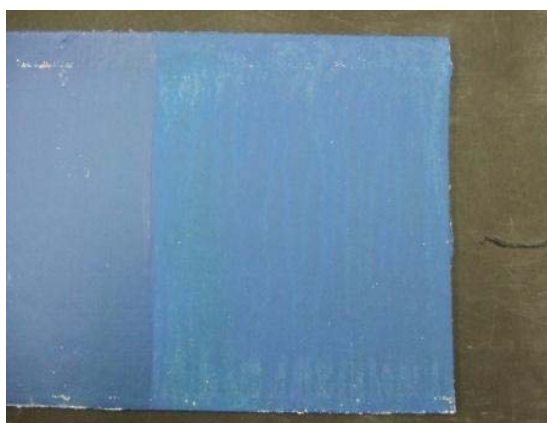


(a)

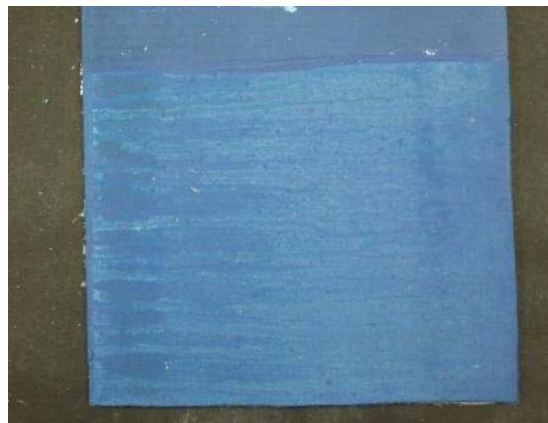


(b)

Figura 105 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

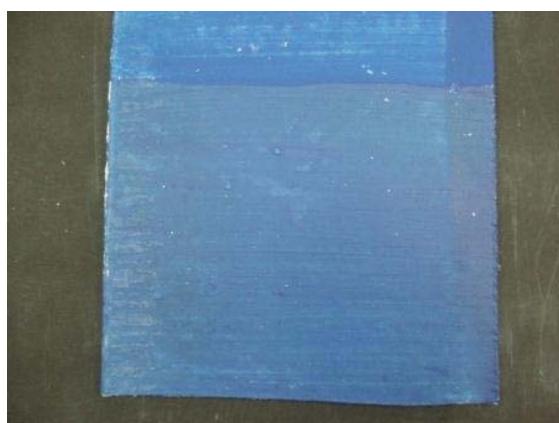


(a)



(b)

Figura 106 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 107 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

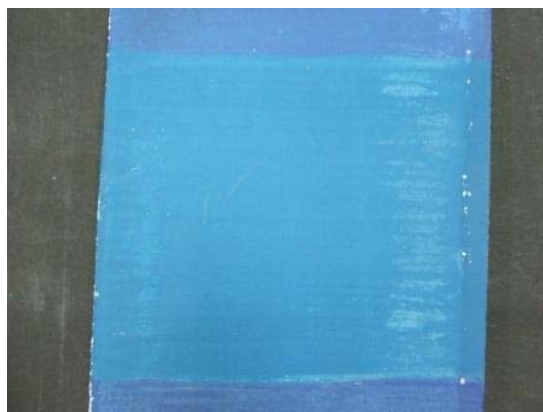


(b)

Figura 108 - Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade, (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 109 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 (base Transparente); (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 110 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

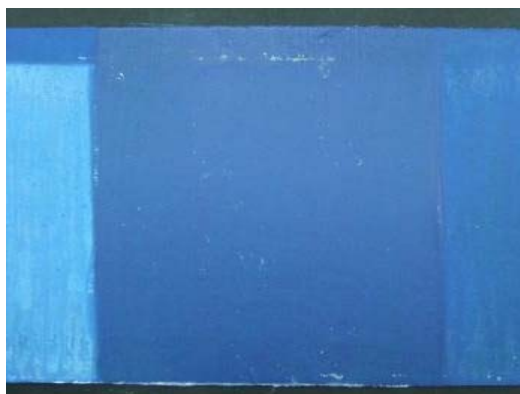


(a)



(b)

Figura 111 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

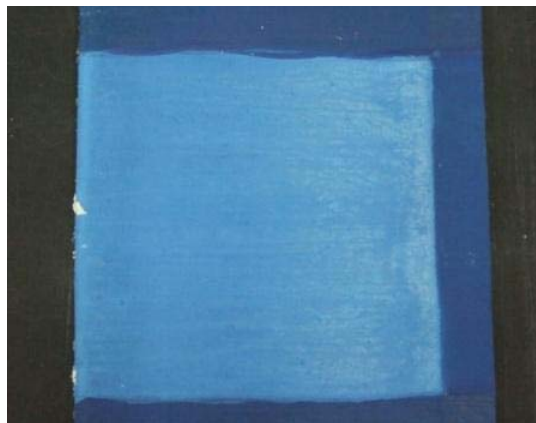


(b)

Figura 112 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (a) sujeita a 10°C e 80% humidade.

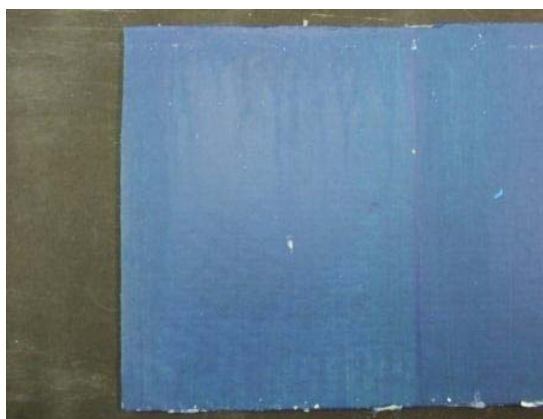


(a)



(b)

Figura 113 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

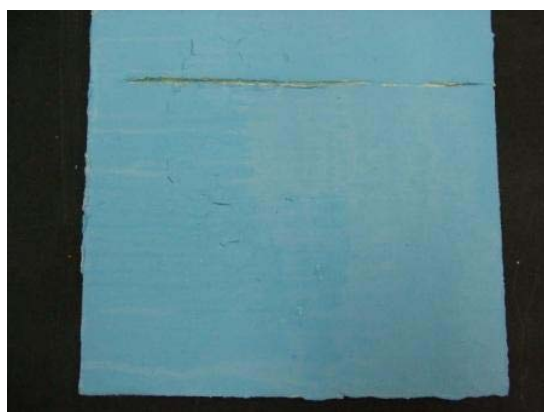


(a)



(b)

Figura 114 – Fotografias das placas após ensaio de 72h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

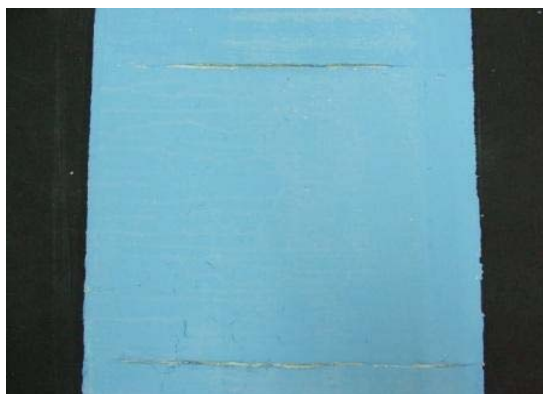
Método das placas com Blockaid

(a)



(b)

Figura 115 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 116 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 117 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

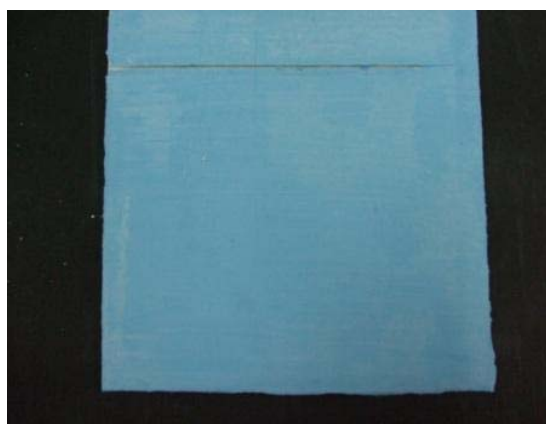


(a)

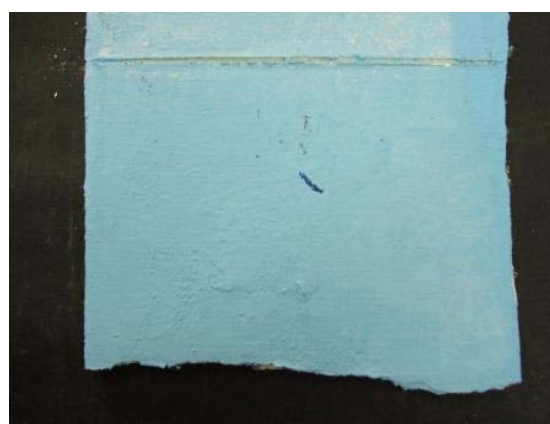


(b)

Figura 118 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 119 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

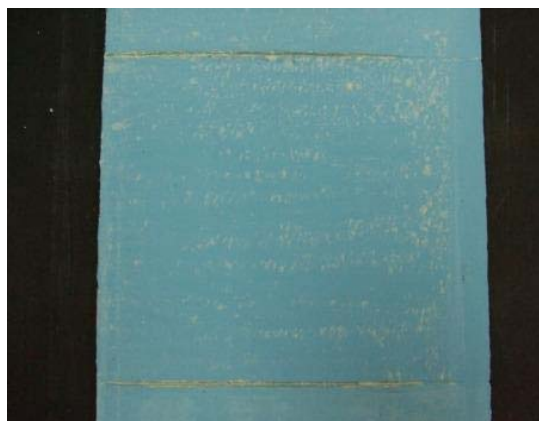


(a)



(b)

Figura 120 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 121 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 122 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Pastel): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

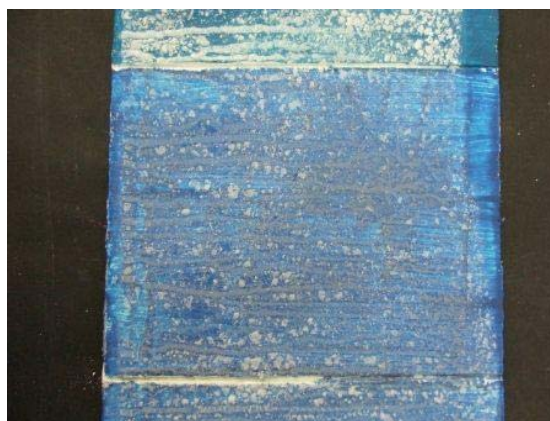


(b)

Figura 123 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

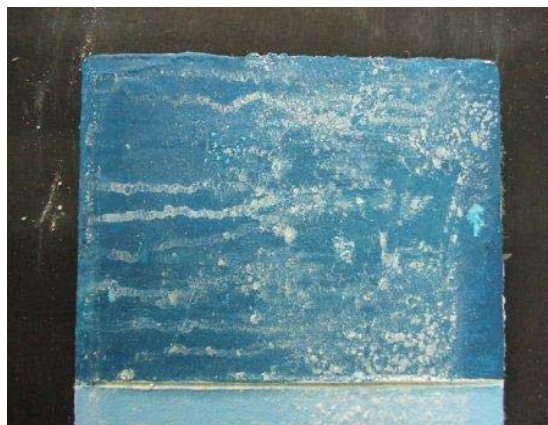


(b)

Figura 124 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 125 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 126 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 127 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

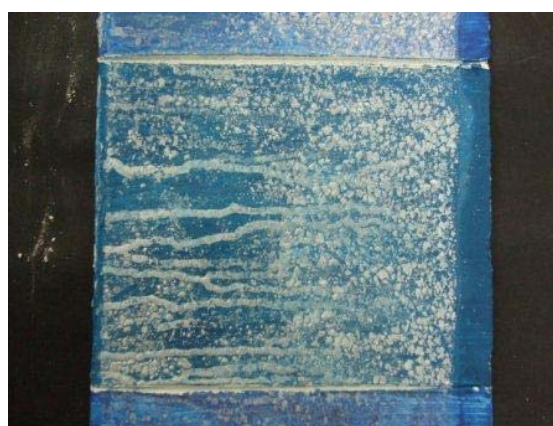


(b)

Figura 128 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

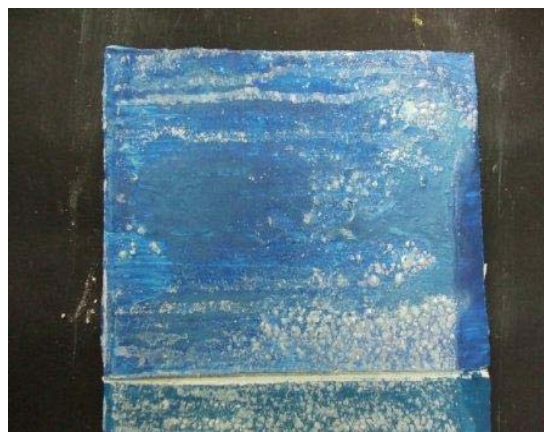


(b)

Figura 129 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

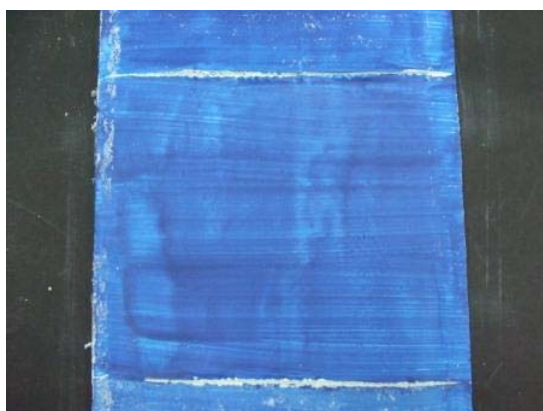


(a)



(b)

Figura 130 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

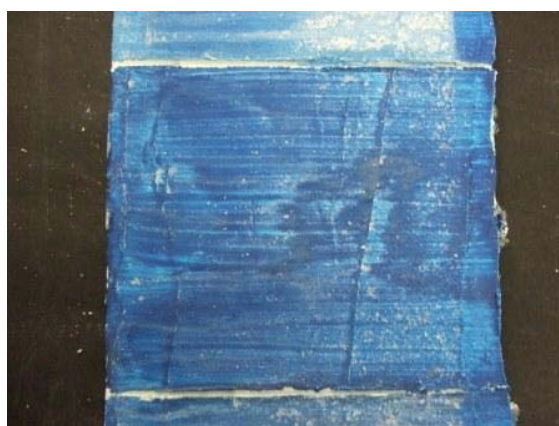


(b)

Figura 131 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)

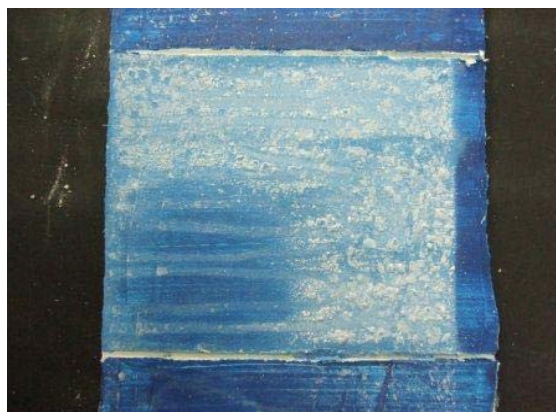


(b)

Figura 132 - Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



(a)



(b)

Figura 133 – Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC (na base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.



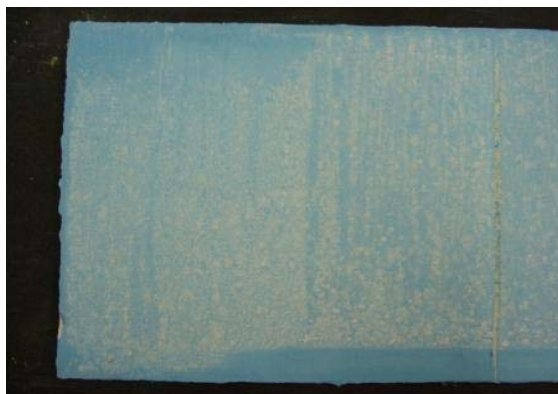
(a)



(b)

Figura 134 – Fotografias das placas após ensaio de 24h na câmara de condensação, da tinta ext exp c/lig.D, CaCO_3 e menor PVC (base Transparente): (a) sujeita a 23°C e 50% humidade; (b) sujeita a 10°C e 80% humidade.

Método das placas com Blockaid - 2 demãos



(a)

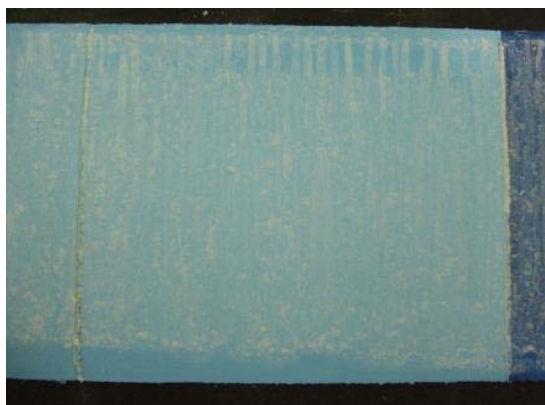


(b)

Figura 135 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A, BaSO_4 (base 0509).



(a)



(b)

Figura 136 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.B e BaSO_4 , na base 0509.



(a)



(b)

Figura 137 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 , na base 0509.



(a)



(b)

Figura 138 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.A e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.A e BaSO_4 , na base Transparente.



(a)

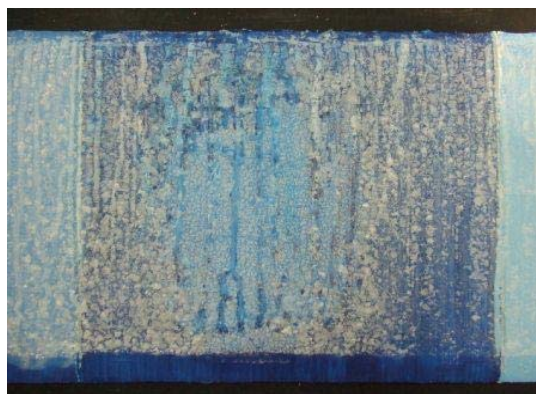


(b)

Figura 139 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B e CaCO_3 ; (b) tinta ext exp c/lig.C e BaSO_4 , na base Transparente.

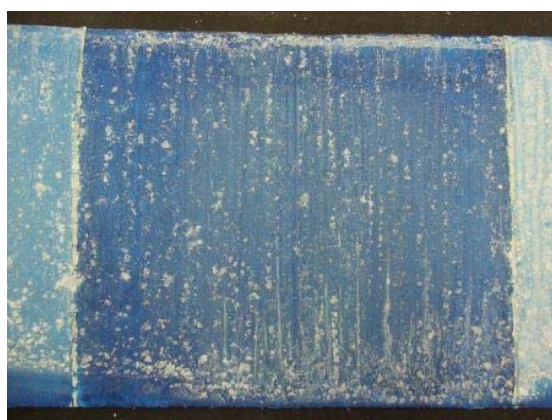


(a)

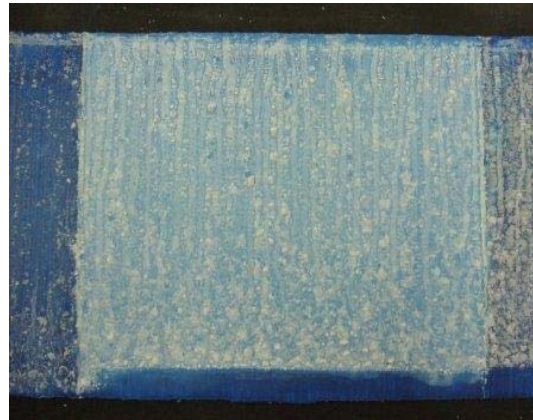


(b)

Figura 140 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.D e BaSO_4 ; (b) tinta ext exp c/lig.A, CaCO_3 e menor PVC, na base Transparente.



(a)



(b)

Figura 141 – Fotografias das placas com 2 demãos após ensaio de 24h na câmara de condensação: (a) da tinta ext exp c/lig.B, CaCO_3 e menor PVC; (b) tinta ext exp c/lig.C, CaCO_3 e maior PVC, na base Transparente.

2.5 Identificação dos sais - Fotografias e espectros

Apesar de algumas fotografias e espectros dos elementos identificados já terem sido apresentados durante a discussão de resultados, os restantes podem ser observados de seguida.

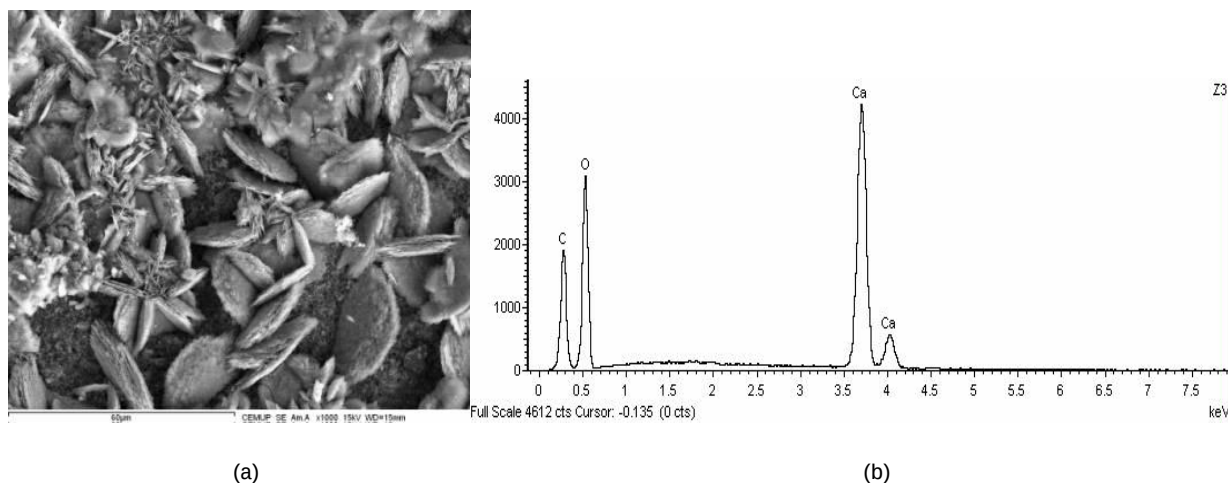


Figura 142 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante A e CaCO_3 (base Pastel), sujeita ao método das placas fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 1000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

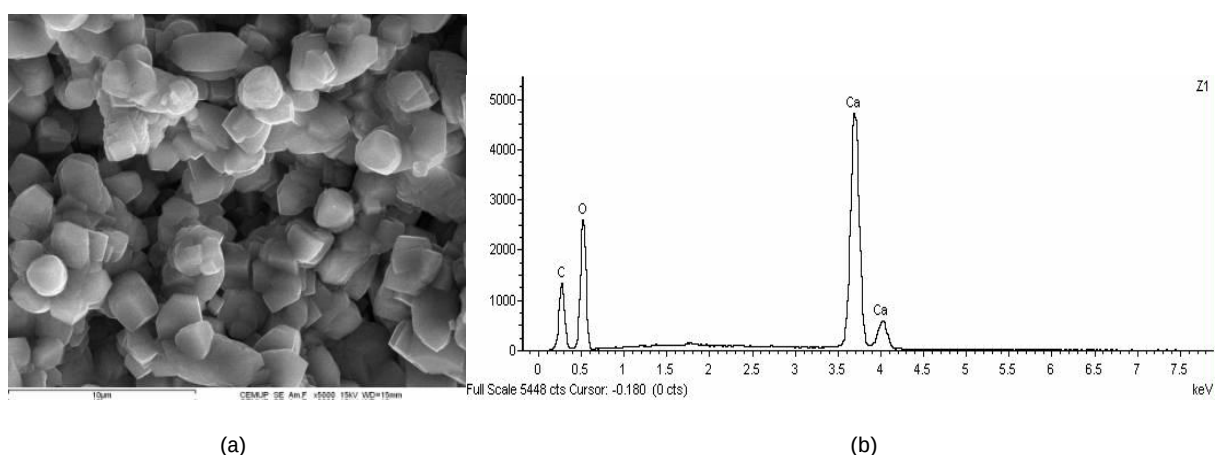


Figura 143 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante A e CaCO_3 (base Pastel), sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 5000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados

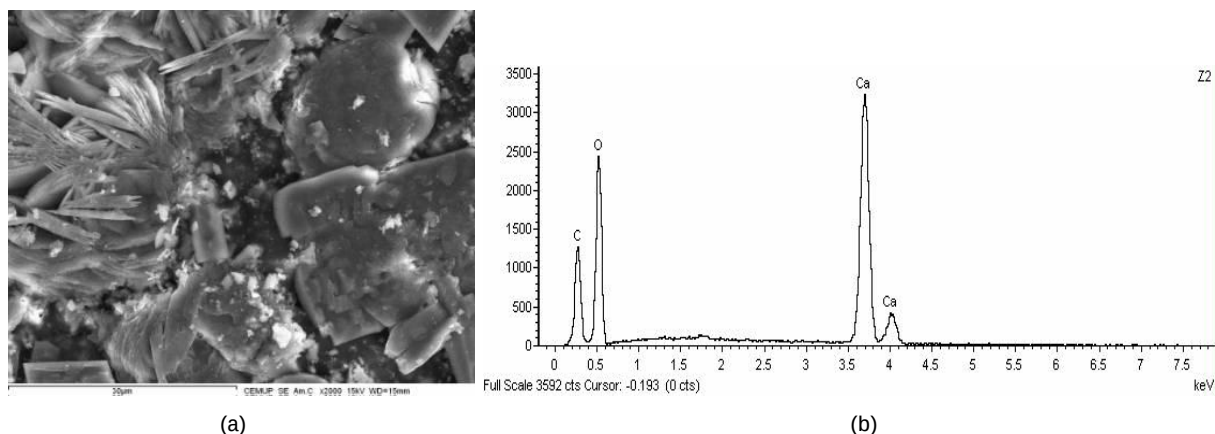


Figura 144 – (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante A e BaSO_4 (base Transparente), sujeita ao método das placas fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 2000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

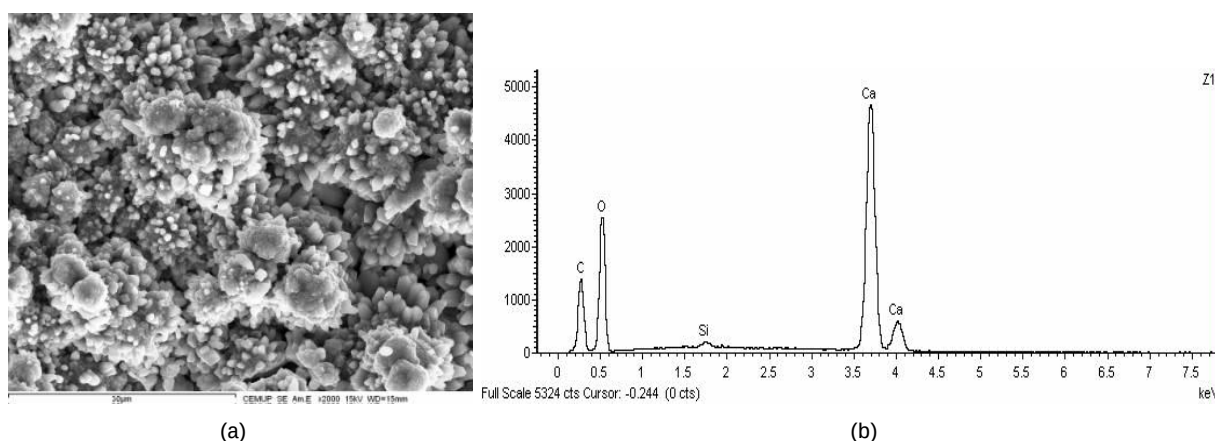


Figura 145 – (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante A e BaSO_4 (base Transparente), sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 2000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

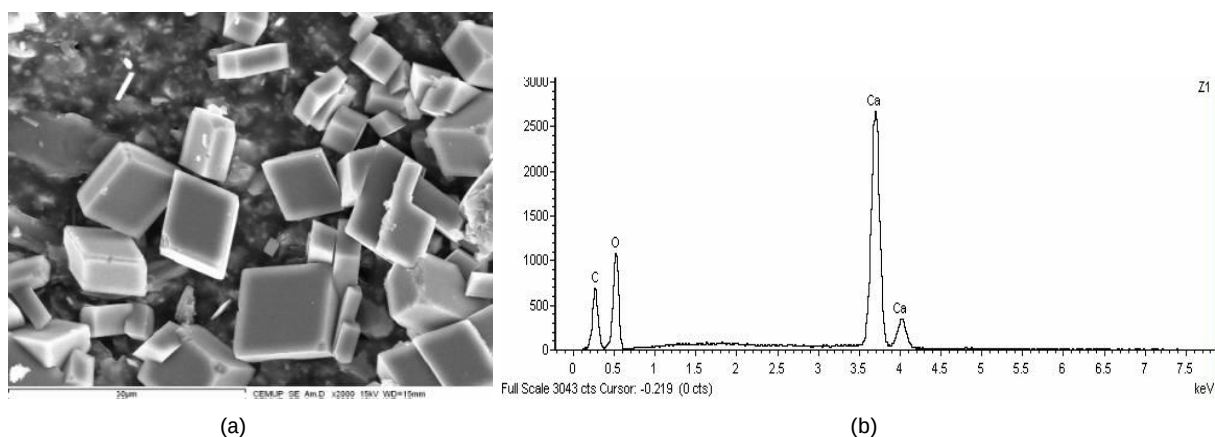


Figura 146 – (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante D e CaCO_3 (base Transparente), sujeita ao método das placas fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 2000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

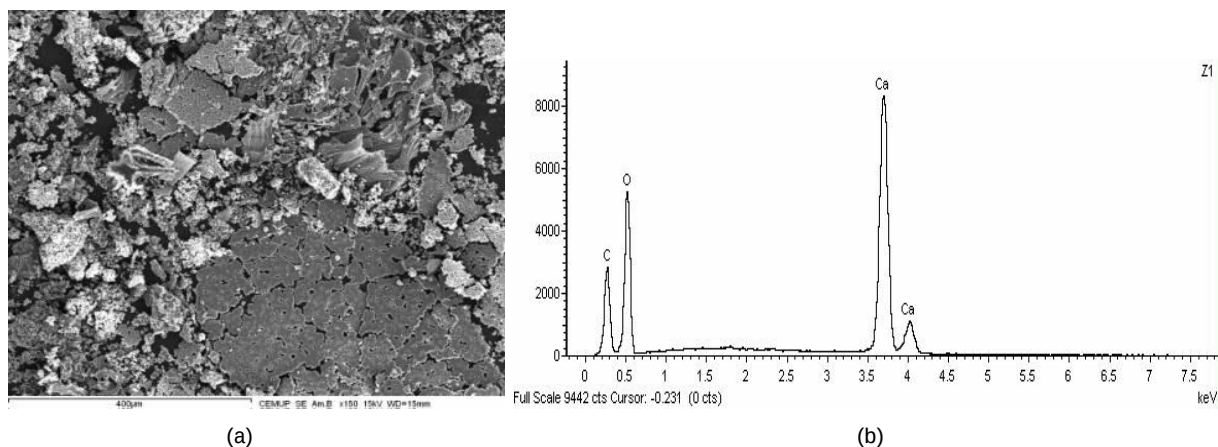


Figura 147 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante D e CaCO_3 (base Transparente), sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 150x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

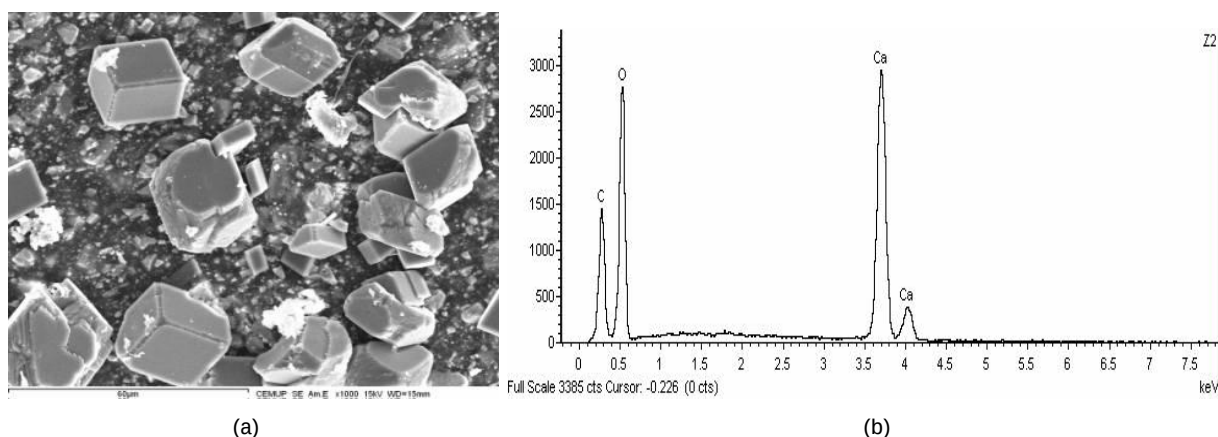


Figura 148 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante D e BaSO_4 (base Transparente), sujeita ao método das placas fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 1000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

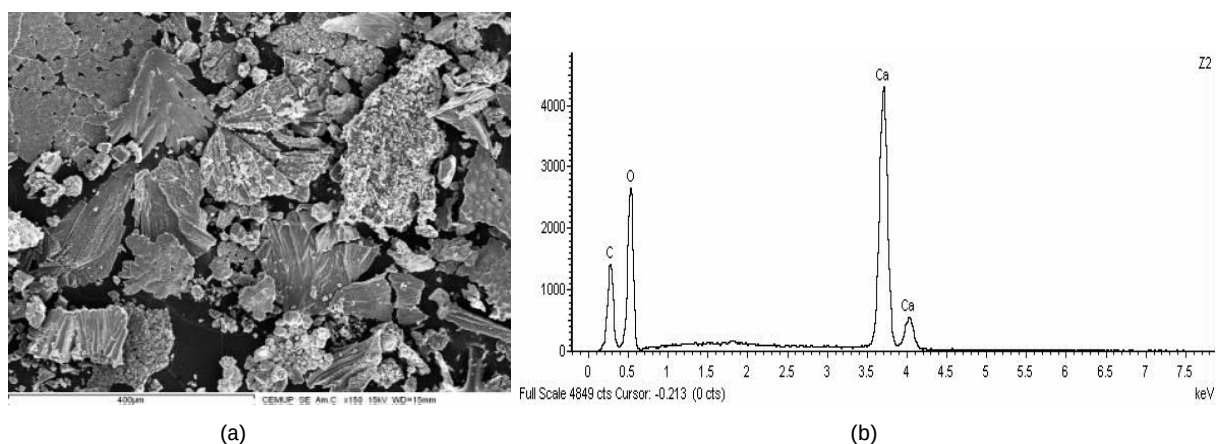


Figura 149 - (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext exp c/ligante D e BaSO_4 (base Transparente), sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 150x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

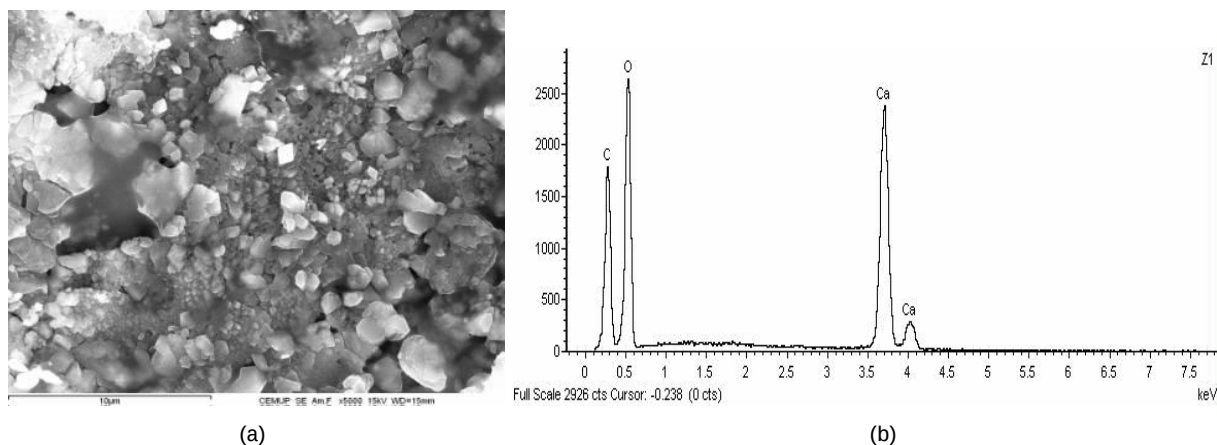


Figura 145 – (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext do fabricante B, sujeita ao método das placas de fibrocimento, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 5000x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.

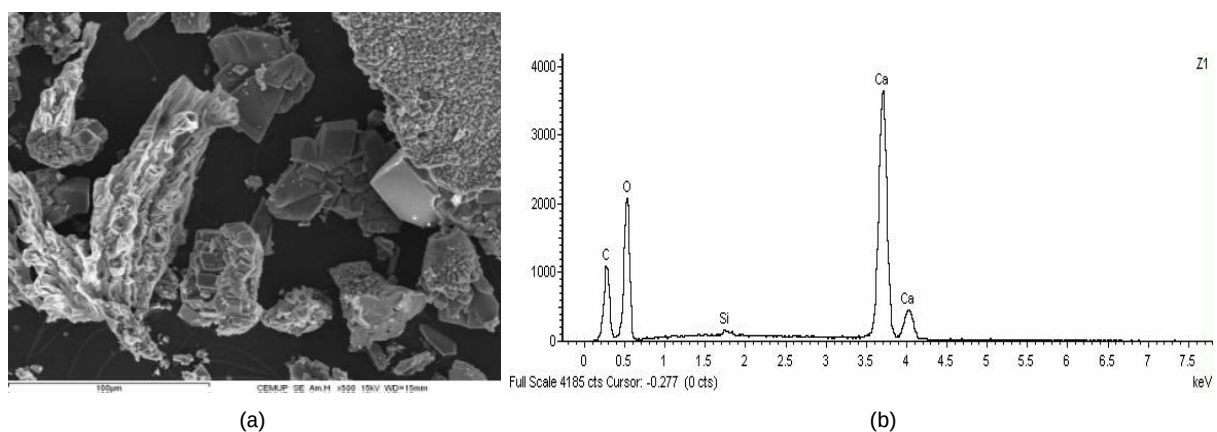


Figura 150 – (a) Fotografia dos cristais formados na superfície da tinta ext do fabricante B, sujeita ao método das placas com Blockaid, tirada pelo SEM com uma ampliação total de 500x e (b) respectivo espectro dos elementos identificados.