



A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA SOBRE O PODER DE COBERTURA DE TINTAS PRODUZIDAS COM PIGMENTOS DE SOLOS

Fernando de Paula Cardoso¹; Matheus Tolentino Lauer²; Anôr Fiorini de Carvalho³; Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga⁴

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil

¹fernandodepaulacardoso@gmail.com; ²mat.tolentino@gmail.com; ³anorcarvalho@gmail.com; ⁴ritadecassia@ufv.br

Palavras-chave: carga mineral, desempenho, poder de cobertura, poliacetato de vinila, resistência à abrasão

Resumo

Os solos são uma fonte natural de pigmentos, que podem ser usados para produzir tintas. Alguns estudos já foram realizados nesse âmbito, com o objetivo de compreender as influências que as características dos pigmentos exercem sobre o desempenho das tintas, e eles indicam que o poder de cobertura ainda se apresenta como um fator limitante, por, frequentemente, não alcançar valores satisfatórios e também sua interação antagônica com a resistência à abrasão. Considerando que tais limitações possam ser superadas com o uso de uma carga mineral, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de adições controladas de cal hidratada sobre o poder de cobertura de tintas produzidas com pigmentos de solos, água e poliacetato de vinila. Para tanto, foram produzidas 28 amostras de tinta, com e sem adição de cal, cada qual com um tipo de pigmento. As tintas foram submetidas aos ensaios de avaliação do poder de cobertura e da resistência à abrasão e os resultados foram analisados estatisticamente. Constatou-se que a adição da cal hidratada, apesar de diminuir o número de demãos necessário para alcançar a razão de contraste mínima determinada por norma, o que é positivo, promoveu a aglutinação dos pigmentos, formando películas heterogêneas e diminuindo assim o poder de cobertura; e que também prejudicou a polimerização do acetato de vinila, diminuindo a capacidade adesiva da resina e, logo, a resistência à abrasão. Concluiu-se que, para melhorar o desempenho das tintas produzidas com pigmentos de solos com a adição de cargas minerais, deve-se levar em conta, principalmente, o pH. Portanto, a adição da cal limita a apropriação do conhecimento do processo de produção pela população, por demandar controles precisos do equilíbrio químico, sendo então mais adequado o uso de materiais que não influenciem significativamente o pH.

1 INTRODUÇÃO

As tintas são, basicamente, uma mistura de pigmentos, ligantes e diluentes, cada qual cumprindo uma função específica. O primeiro é responsável por colorir e recobrir a superfície, o segundo por recobrir e aderir os pigmentos entre si e às superfícies, e o terceiro por diluir os pigmentos e ligantes, sendo também a parte volátil das tintas.

Diferentes materiais já foram usados no decorrer da história para produzir tintas, destacando-se os pigmentos dos solos, ou pigmentos terrosos, o que inclui as cores branca, amarela, vermelha, marrom e verde, com origens e composições muito diversas, sendo constituídos exclusivamente ou principalmente por argilominerais. Com exceção dos brancos (ricos em caulinita), eles sempre contêm Fe (II) ou Fe (III) como cromóforo (Grygar et al., 2003).

Alguns estudos (Carvalho; Cardoso, 2008; Cardoso; Carvalho; Pires, 2013; Cardoso; Carvalho; Fontes, 2014; Cardoso et al., 2014; Cardoso, 2015; Cardoso; Alvarenga; Carvalho, 2013; Cardoso et al., 2016a; Cardoso et al., 2016b; Lopes et al., 2017a; Lopes et al., 2017b) já foram realizados pelo projeto Cores da Terra, com a intenção de desenvolver uma técnica de produção de tintas com o uso de pigmentos de solos que seja facilmente apropriada pela população e que apresente desempenho comparável ao das tintas industrializadas.

Em estudos recentes realizados pelo projeto percebeu-se que as características dos pigmentos exercem influência direta sobre o desempenho das tintas, e eles indicam que o poder de cobertura ainda se apresenta como um fator limitante, por, frequentemente, não alcançar valores satisfatórios e também por sua interação antagônica com a lavabilidade (resistência à abrasão).

Conforme a literatura, tais limitações podem ser superadas com o uso de cargas minerais, materiais que, curiosamente, já eram usados na pré-história com o objetivo de melhorar as propriedades adesivas e o poder de cobertura das tintas (Chalmin; Menu; Vignaud, 2003).

Sabe-se, que a cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), além de ser um material historicamente usado para a pintura (Gil, 2009) e produção de argamassas, também tem aplicações mais específicas, sendo uma delas a melhoria das propriedades das tintas, em especial o poder de cobertura (Gai et al., 2005; Gysau, 2006; Luz; Lins, 2005). E, além disso, a cal hidratada é um material construtivo conhecido e de fácil acesso à população.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de adições controladas de cal hidratada como carga mineral, sobre o poder de cobertura de tintas produzidas com sete diferentes tipos de pigmentos de solos.

2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Este estudo consistiu dos seguintes procedimentos: seleção, coleta e preparação dos pigmentos; caracterização dos pigmentos; elaboração do delineamento experimental; produção das amostras de tinta; avaliação do poder de cobertura e da resistência à abrasão; e, por fim, a análise dos resultados obtidos. Tais procedimentos serão descritos nos itens subsequentes.

2.1 Definição, coleta e preparação dos pigmentos

Em função das experiências realizadas por Cardoso (2015), que permitiram constatar que as características dos pigmentos influenciam o desempenho das tintas, neste estudo foram utilizados sete tipos de pigmentos com grande ocorrência no território brasileiro, observando as seguintes condições: variedade de cores e diversidade mineralógica. A definição dos pontos de coleta dos pigmentos se deu com base em estudos realizados por pesquisadores do Departamento de Solos da UFV, e baseou-se nos seguintes critérios: diversidade mineralógica da fração argila e ocorrência na região sudeste do Brasil.

A preparação dos pigmentos foi realizada com base no método desenvolvido por Cardoso (2015) que consiste na desaglomeração mecânica das partículas em meio líquido com o uso do disco *cowles* acoplado a um agitador mecânico, seguida do peneiramento do material diluído em peneira com trama de 0,177 mm (*80 mesh ASTM*).

O tempo de desaglomeração dependeu das características dos materiais e o processo foi considerado encerrado quando o vórtice criado pelo material em plena agitação se estabilizou, o que caracteriza a situação na qual cessa a adsorção de água pelas partículas e ocorre a estabilização da viscosidade.

O peneiramento foi realizado com a referida peneira em função da correspondência de sua trama/abertura com a das meias de *nylon*, o que facilita a apropriação do processo pela população, considerando os preceitos de uma tecnologia social¹. Apesar da referida peneira permitir a passagem de silte, ela retém a areia, que é o material que mais compromete a estabilidade das suspensões. Após o peneiramento, foram retiradas alíquotas do material produzido para as caracterizações indicadas a seguir.

¹ Segundo Dagnino (2009), tecnologia social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que represente efetivas soluções de transformação social.

2.2 Caracterização dos pigmentos

As frações argila, silte e areia foram quantificadas conforme o método da pipeta (Embrapa, 1997), que se baseia na velocidade de queda das partículas. Com as proporções das frações, os pigmentos foram classificados quanto à sua classe textural, com o uso do diagrama de Atterberg.

A densidade de partículas corresponde à relação entre a massa de solo seco em estufa e o seu respectivo volume de partículas, conforme Embrapa (1997).

A determinação da superfície específica foi feita com base na teoria de BET (Brunauer, Emmett e Teller, 1938), que se baseia no fenômeno de adsorção física de gases no exterior e superfícies internas de um material poroso. O equipamento utilizado foi o *Quantachrome*, modelo *Nova 2200 e*.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises granulométricas, a densidade das partículas e a superfície específica dos pigmentos.

Tabela 1. Características físicas dos pigmentos

Pigmento	Granulometria				Densidade de partículas (g/cm ³)	Superfície específica (m ² /g)
	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural		
1	12,9	54,6	32,5	Franco-argilo-siltoso	2,5	19,454
2	5,6	3,2	91,2	Muito argiloso	2,53	43,737
3	2,8	38,3	58,9	Argila	2,38	47,897
4	5,8	4,5	89,8	Muito argiloso	2,47	57,46
5	16,5	77,3	6,1	Franco-siltoso	2,38	22,989
6	1,2	7,7	91	Muito argiloso	2,41	44,843
7	4,1	34,5	61,3	Muito argiloso	2,56	61,342

A composição mineralógica dos pigmentos foi determinada por difração de raios-x das amostras de pigmento em pó, orientadas e sem separação das frações, via difratômetro da marca *Rigaku*, dotado de tubo de radiação de cobalto e monocromador de grafite, a uma taxa de incremento de 0,02° 2 θ a cada segundo, entre de 4 a 80° 2 θ . O software *EVA* foi usado para a identificação das fases cristalinas.

Na Tabela 2 está apresentada a relação dos minerais constituintes dos pigmentos usados.

Tabela 2. Minerais constituintes dos pigmentos

Mineral	Pigmento						
	1	2	3	4	5	6	7
Caulinita	x	x	x	x	x	x	x
Gibbsita			x	x		x	x
Goethita		x	x	x	x	x	x
Hematita		x	x	x	x	x	x
Ilmenita							x
Magnetita							x
Quartzo	x	x	x	x	x	x	

A cor dos sete pigmentos foi medida com espectrômetro *Bruker tracer III/IV SD*. As análises foram feitas sobre os pigmentos na forma de pastilhas comprimidas em prensa manual e os parâmetros da cor apresentados de acordo com o sistema de cores $L^*a^*b^*$, sendo L^* a Luminosidade; a^* a coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde); e b^* a coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul).

Na Tabela 3 estão apresentadas as colorimetrias dos sete pigmentos usados, assim como as cores correspondentes, reproduzidas digitalmente por meio do software Photoshop.

Tabela 3. Colorimetria dos pigmentos

Pigmento	L	a	b	Cor
1	80,37	-0,80	6,24	
2	54,85	10,15	21,51	
3	55,27	15,49	29,27	
4	41,56	16,11	23,05	
5	50,38	9,43	8,05	
6	35,85	15,44	17,78	
7	33,62	15,39	17,45	

2.3 Delineamento experimental

A definição das proporções dos componentes nas formulações baseou-se no histórico de experiências realizadas pelo projeto Cores da Terra, em estudo anterior realizado pelo autor (Cardoso, 2015) e em ensaios preliminares.

Os ingredientes usados foram: água, como diluente, sendo a sua dosagem determinada pela viscosidade final das tintas, considerando que cada tipo de pigmento adsorve uma quantidade de água em função de suas características; pigmentos de sete diferentes tipos de solos, com a dosagem em massa, fixa em todas as amostras; poliacetato de vinila (PVA) da marca *Cascoréz* categoria universal (densidade de 1,05 g/cm³ e teor de sólidos de 50%) como ligante, na proporção fixa de 20% calculada em massa seca em função da massa do pigmento; cal hidratada da marca *Calfix* indicada para pintura, como carga mineral, com densidade de 2,21 g/cm³, em dosagens crescentes de 15, 30 e 45% em relação à massa de pigmentos de solos.

Para avaliar a influência da adição da cal hidratada sobre o poder de cobertura, foram produzidas duas séries de amostras de tintas, sendo uma delas sem e outra com adições crescentes de cal hidratada.

As formulações reproduzidas no estudo estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Formulações sem adição de cal hidratada (repete-se para cada um dos 7 pigmentos).

Identificação		Formulações			
Tinta	Pigmento	Pigmento (g)	Carga mineral (g)*	Ligante (g)*	Diluente (g)
1	1	Massa fixa	Sem adição	20%	Variável em função da viscosidade

* % calculada em função da massa de pigmento

Tabela 5. Formulações com adição de cal hidratada (repete-se para cada um dos 7 pigmentos).

Identificação		Formulações			
Tinta	Pigmento	Pigmento (g)	Carga mineral (g)*	Ligante (g)*	Diluyente (g)
8	1	Massa fixa	15%	20%	Variável em função da viscosidade
9			30%		
10			45%		

* % calculada em função da massa de pigmento

2.4 Produção das amostras de tinta

A produção das amostras sem adição de cal hidratada (tintas 1 a 7) seguiu os seguintes procedimentos:

- Homogeneização dos pigmentos preparados (item 3.1) com o uso do agitador mecânico; medição da viscosidade em viscosímetro copo *Ford* e correção da viscosidade por meio da adição de água, quando necessário (tempo de referência de 12 ± 2 segundos); retirada de alíquota para cálculo do teor de pigmento por meio de secagem em estufa a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 horas.
- Com base no teor de sólidos presente em um volume de aproximadamente 1 litro de pigmento diluído em água, foi calculada a proporção de ligante.
- Em um béquer de 2 litros, foi vertido 1 litro de pigmento diluído; em seguida, foi realizada a agitação mecânica com o disco *cowles* acoplado a agitador de bancada com velocidade de 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos; na sequência, foi adicionado o PVA e novamente realizada a agitação mecânica com o disco *cowles* acoplado a agitador de bancada com velocidade de 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos.
- Finalizado o processo, a viscosidade foi medida, registrada e corrigida quando necessário (com a adição de água) para o tempo de referência de 12 ± 2 segundos. Igualmente, foi realizada a medição do pH final das tintas com o pHmetro *Digimed* modelo *DM-23*.
- As amostras foram armazenadas em recipientes com capacidade de 500 ml devidamente identificados, para envio ao laboratório credenciado para a realização dos ensaios determinados pela NBR 15079 (2011).

A produção das amostras com adição de cal hidratada (tintas 8 a 28) seguiu os seguintes procedimentos:

- Idem
- Cálculo das quantidades de cal hidratada a serem adicionadas em função do teor de pigmento; a cal foi pesada em estado seco e completamente diluída em água, produzindo-se uma solução com viscosidade cinemática de aproximadamente 12 ± 2 segundos que, em seguida, foi misturada com o pigmento diluído com o disco *cowles* acoplado a agitador de bancada com velocidade de 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos
- Com base no teor de sólidos presente em um volume de aproximadamente 1 litro de pigmento com adição da cal hidratada diluídos em água, foi calculada a proporção de ligante.
- Em um béquer de 2 litros, foi vertido 1 litro de pigmento com adição da cal hidratada diluídos; em seguida, foi realizada a agitação mecânica com o disco *cowles* acoplado a agitador de bancada com velocidade de 1.500 rpm pelo tempo de 15 minutos; na sequência, foi adicionado o PVA e novamente realizada a agitação mecânica com o disco *cowles* acoplado a agitador de bancada com velocidade de 1500 rpm pelo tempo de 15 minutos.
- Idem

f) Idem

2.5 Avaliação do poder de cobertura

O método determinado pela NBR 14942 (2012) consiste na avaliação da área máxima, em metros quadrados por unidade de volume em litros (m^2/L), para a qual a película de tinta seca apresente razão de contraste de 98,5%. A razão de contraste, medida pelo espectrofotômetro, é o quociente entre as respectivas intensidades da luz refletidas pelas películas de tinta aplicadas sobre cartelas de cores preta e branca, levando-se em conta sempre o menor valor sobre o maior valor das intensidades. O limite mínimo estabelecido é de $4,0 m^2/L$.

2.6 Avaliação da resistência à abrasão

O método determinado pela NBR 15078 (2004) consiste da avaliação da capacidade que uma película de tinta possui de resistir ao desgaste mecânico provocado por escovação, medido em ciclos, cujo limite mínimo estabelecido é de 100 ciclos.

2.7 Análise dos resultados

Foi realizada uma análise de agrupamentos (Cluster Analysis), a partir dos resultados dos ensaios de determinação do poder de cobertura da tinta seca, relacionando-os com a resistência à abrasão e com o pH final das tintas. Para cada análise, foi utilizada a distância euclidiana padronizada e o método da ligação média (UPGMA). Após a construção do dendrograma, foram estabelecidos os diferentes grupos com até 80% de similaridade. Além disso, para complementar a análise, foi construído um diagrama de dispersão. Todos os procedimentos foram realizados por meio do software estatístico *Minitab*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 6, estão indicados os resultados dos ensaios de determinação do poder de cobertura e da resistência à abrasão das tintas, bem como o pH, a viscosidade, o teor de sólidos e o número de demãos necessário para atingir a razão de contraste definida pela NBR14942 (2012).

Tabela 6. Desempenho das tintas

Identificação		Resultados					
Tinta	Pigmento	pH	Viscosidade cinemática (t)	Teor de sólidos (%)	Poder de cobertura (m^2/L)	Número de demãos	Resistência à abrasão
1	1	4	9,8	32,04	1,73	6	19
2	2	4,1	11,8	19,91	1,75	12	8
3	3	4,67	11,6	25,47	3,89	6	43
4	4	4,76	13	28,17	3,04	8	29
5	5	4,52	12,78	38,53	5,52*	4	89
6	6	4,59	12,3	34,87	5,5*	5	163
7	7	5,01	11,97	30,82	6,7*	4	403
8	1	12,48	10,48	34,34	1,72	8	3
9		12,5	12,76	37,17	2,06	5	4
10		12,54	14,22	39,78	1,96	6	5
11	2	12,58	13,34	25,01	1,83	9	3
12		12,39	13,37	27,38	1,75	6	3

13		12,41	13,81	29,60	2,56	5	4
14	3	12,3	13,07	31,44	4,9*	3	4
15		12,32	13,87	34,14	4,64*	3	3
16		12,31	13,12	34,36	5**	3	3
17	4	12,51	11,59	32,17	2,32	5	2
18		12,44	12,6	35,01	1,6	5	4
19		12,43	13,29	37,55	2,32	4	3
20	5	12,5	12,28	40,32	3,44	3	3
21		12,42	12,52	43,20	3,43	3	2
22		12,331	13,18	46,16	3,96	3	3
23	6	12,54	13,74	36,94	4,79*	3	2
24		12,52	13,22	39,64	2,56	3	2
25		12,47	12,93	40,08	3,94	3	2
26	7	12,49	12,48	37,34	4,87*	3	4
27		12,49	12,19	37,93	4,5*	3	2
28		12,54	12,34	40,59	3,54	3	2

* Tintas que apresentaram desempenho satisfatório conforme a NBR 14942 (2012)

Na figura 1 está apresentado o diagrama de dispersão representativo da relação entre o poder de cobertura e a resistência à abrasão das tintas produzidas sem e com adição de cal hidratada.

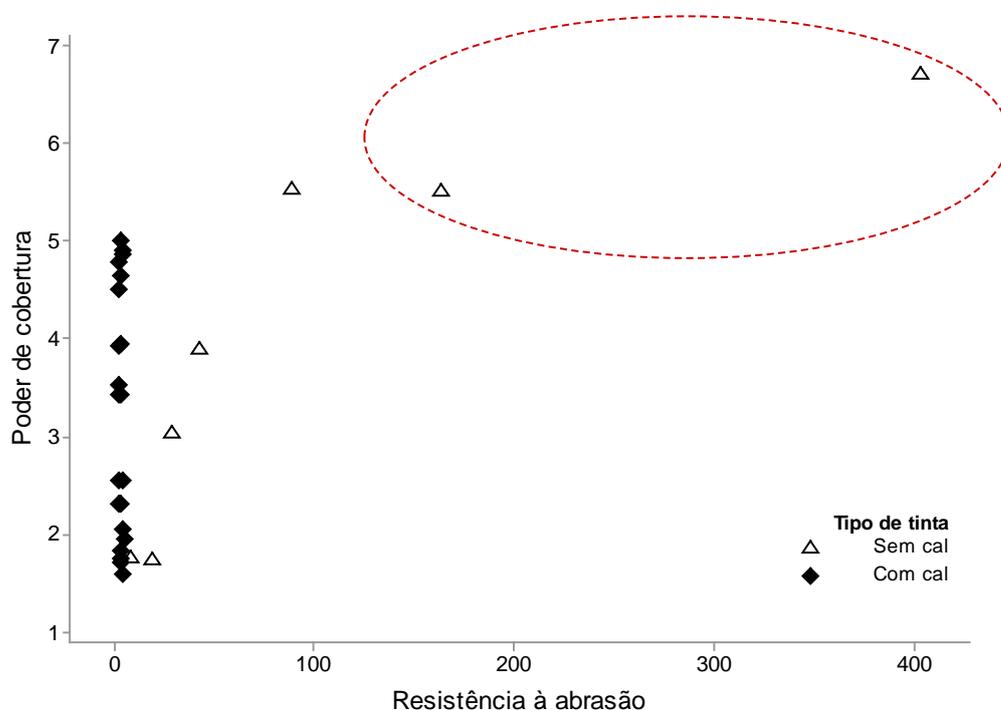


Figura 1. Diagrama de dispersão representativo da relação poder de cobertura versus resistência à abrasão das tintas produzidas sem e com adição de cal hidratada.

Um exame geral dos dados apresentados na Tabela 6 permite constatar que, entre as tintas produzidas sem e com adições de cal, existe uma discrepância importante dos valores do pH, que é marcadamente mais alcalino nas tintas produzidas com adições de cal (CaOH_2),

devido à liberação de grupos OH^- no meio. Igualmente, percebe-se que as resistências à abrasão das tintas produzidas sem adições de cal são mais elevados.

Por outro lado, o teor de sólidos das tintas produzidas com adição de cal é ligeiramente maior e que aumenta gradualmente à medida que se adiciona a cal, o que é desejável quando se busca o aumento do poder de cobertura. Esta situação é comprovada quando se verifica que diminuiu, na maioria dos casos, o número de demãos necessário para garantir a razão de contraste mínima (98,5%) para a realização do ensaio de determinação do poder de cobertura (NBR 14942, 2012).

Mas, entre as 28 tintas produzidas, apenas sete apresentaram poder de cobertura satisfatório ($> 4\text{m}^2/\text{L}$), sendo quatro delas produzidas com adições de cal. O exame das películas das tintas aplicadas sobre as cartelas usadas para medir o poder de cobertura evidencia que, atendendo ou não à especificação da norma, todas apresentaram tendência à aglutinação. Ao aglutinarem-se, as massas de partículas abrem espaços na superfície da cartela, que passa a ter áreas não cobertas. Tal situação também foi evidenciada durante o processo de produção das tintas que, assim que recebiam as adições de cal, tornavam-se muito viscosas, demandando portanto adições de diluente (água) para o equilíbrio da viscosidade.

Ao verificar a tabela 6 e a figura 1, percebe-se a existência de uma discrepância acentuada entre os resultados do ensaio de determinação da resistência à abrasão. Apenas duas tintas apresentaram resultado satisfatório, nenhuma delas produzidas com adição de cal. Em relação às que receberam adições de cal, já foi comprovada em outro estudo (Cardoso, 2015), baseado na adição de NaOH como dispersante, a influência negativa do pH alcalino sobre as emulsões de PVA. O aumento do pH aumenta a solubilidade do polímero, ao expor grupos OH^- e facilitar a interação com a água, o que é desejável, pois favorece o contato do polímero com o pigmento. Por outro lado, o sistema de emulsão do monômero do acetato de vinila é sensível a alterações de pH, sendo o intervalo ótimo compreendido entre 4,5 e 5,5 para o PVA (Yamak, 2013). Logo, em pHs fora do intervalo, a resina perde a sua capacidade adesiva e, conseqüentemente, a tinta perde resistência. Portanto, quanto à resistência à abrasão, a adição da cal foi claramente prejudicial, não havendo, portanto, resultados satisfatórios entre as tintas de 8 a 28.

Quanto às tintas que não receberam adições de cal (tintas 1, 2, 3, 4 e 5) e ainda assim apresentaram baixa resistência à abrasão, pode-se inferir que a proporção de ligante foi insuficiente para recobrir as partículas.

Ao agrupar as tintas em função de suas similaridades, relacionando-se poder de cobertura e resistência à abrasão, formaram-se quatro grupos, sendo: Grupo 1 (tintas 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19 e 24); Grupo 2 (tintas 3, 4, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27 e 28); Grupo 3 (Tintas 5 e 6); e Grupo 4 (tinta 7).

O Grupo 1 é representado por tintas produzidas com os pigmentos 1, 2, 4 e 6, que apresentaram poder de cobertura máximo de $2,56\text{ m}^2/\text{L}$ e resistência à abrasão máxima de 19 ciclos; o Grupo 2, pelos pigmentos 3, 4, 5, 6 e 7, com poder de cobertura máximo de $4,9\text{ m}^2/\text{L}$ e resistência à abrasão máxima de 43 ciclos; o Grupo 3, pelos pigmentos 5 e 6, com poder de cobertura máximo de $5,52\text{ m}^2/\text{L}$ e resistência à abrasão de 163 ciclos; e o Grupo 4, pelo pigmento 7, com poder de cobertura de $6,7\text{ m}^2/\text{L}$ e resistência à abrasão de 403 ciclos.

A comparação dos grupos formados permite constatar que não existe uma tendência ao agrupamento das tintas em função de similaridades entre as características de seus pigmentos, o que permitiria, por exemplo, inferências acerca do efeito da granulometria ou da superfície específica sobre o desempenho.

Já ao agrupar as tintas, relacionando-se poder de cobertura com pH, percebe-se uma divisão clara: A formação de dois grupos, sendo um formado pelas tintas de 1 a 7, sem adições de cal e outro formado pelas tintas de 8 a 28, com adições de cal, como se pode verificar na figura 2.

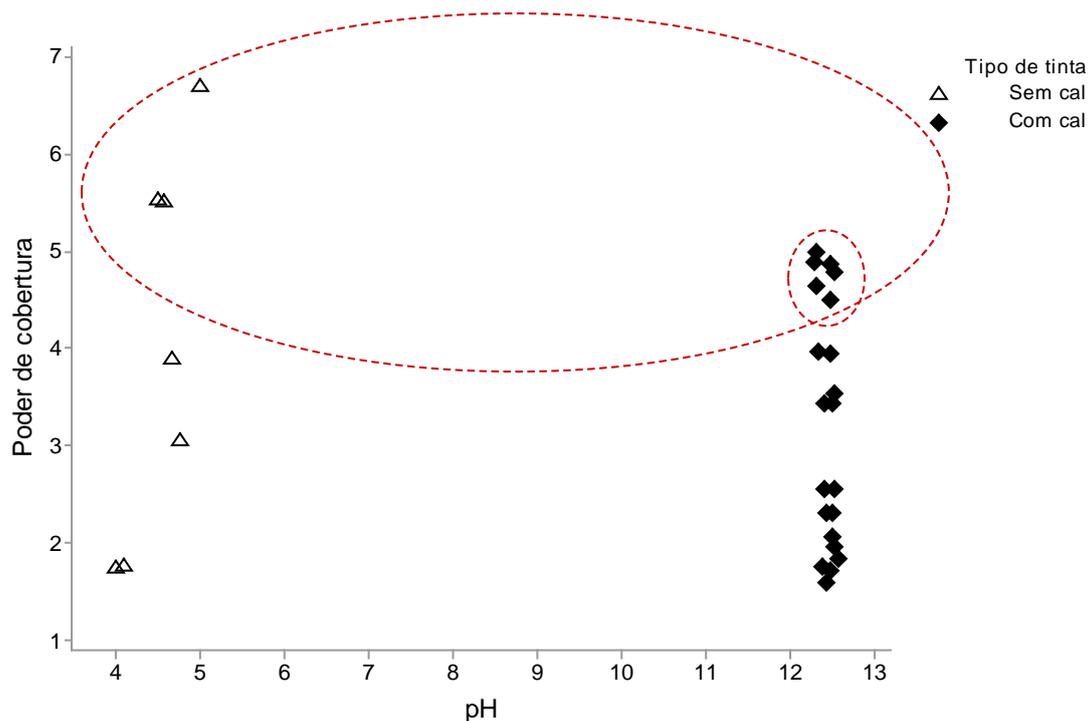


Figura 2. Diagrama de dispersão representativo da relação poder de cobertura versus pH das tintas produzidas sem e com adição de cal hidratada.

Nesse caso, mesmo havendo uma influência negativa do pH sobre o poder de cobertura, percebe-se que algumas amostras de tinta produzidas com adições de cal (14, 15, 16, 23, 26 e 27) apresentaram resultados satisfatórios. Mas, igualmente, constata-se que não existe uma tendência ao agrupamento das tintas em função de similaridades entre as características dos pigmentos, o que demandaria análises mais aprofundadas do ponto de vista da físico-química.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados evidenciam que a mistura de outros materiais com os pigmentos de solos demanda um controle rigoroso do equilíbrio químico, que poderia promover melhoras significativas na qualidade das tintas. No entanto, considerando que os solos são materiais heterogêneos, seria necessário um estudo específico para cada tipo de solo a ser empregado, o que, no contexto do desenvolvimento de uma tecnologia social, limitaria a sua apropriação pela população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brunauer, S.; Emmett, P. H.; Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*, n. 60, p. 309-319

Cardoso, F. P. (2015). Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos. Dissertação de mestrado. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.

Cardoso, F. P.; Alvarenga, R. C. S. S.; Carvalho, A. F.; Fontes, M. P. F. (2014). Resistência à abrasão de tintas produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica e química de solo caulínico. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 5, Viçosa. TerraBrasil 2014: Anais. Viçosa: Rede TerraBrasil; UFV, p.12-18. 1 CD-ROM.

Cardoso, F. P.; Alvarenga, R. C. S. S.; Carvalho, A. F.; Mendes, T. S. G. (2016a). A influência da superfície específica e do teor de pigmentos de solos sobre o poder de cobertura de tintas para a

construção civil. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 6, Bauru. TerraBrasil 2016: Anais. Bauru: Rede TerraBrasil; UNESP, p. 39-48. 1 CD-ROM.

Cardoso, F. P.; Alvarenga, R.C.S.S.; Carvalho, A.F.; Fontes, M.P.F. (2016b). Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 4, p. 167-183.

Cardoso, F. P.; Alvarenga, R. C. S. S.; Carvalho, A. F. (2013) Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos. 15º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Cuenca, Ecuador: Proyecto vliirCPM-Universidad de Cuenca/PROTERRA. 1 CD-ROM.

Cardoso, F. P.; Carvalho, A. F.; Fontes, M. P. F. (2014). Resistência à abrasão de tintas imobiliárias produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica de solos. In: Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 1, Guimarães. CLB-MCS 2014: Anais. Guimarães: Universidade do Minho, 1 CD-ROM.

Cardoso, F. P.; Carvalho, A. F.; Pires, F. J. (2013). Os efeitos da desagregação mecânica dos solos na qualidade das tintas imobiliárias produzidas a base de pigmentos e cargas minerais. 13º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Valparaíso: Duoc/ PROTERRA, 1 CD-ROM

Carvalho, A. F.; Cardoso, F.P. (2008). Projeto cores da terra: resgate, aperfeiçoamento e difusão da técnica do barreado. Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 2, São Luís. TerraBrasil 2008: Anais. São Luís: Rede TerraBrasil; UEMA, 1 CD-ROM.

Chalmin, E.; Menu, M.; Vignaud, C. (2003). Analysis of rock art painting and technology of Palaeolithic painters. *Measurement Science and Technology*, n.14, p. 1590-1597.

Dagnino, R. P. (2009). Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: Unicamp.

Embrapa (1997). Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

Gai, G.S.; Yang, Y.F.; Fan, S.M.; Cai, Z.F. (2005). Preparation and properties of composite mineral powders. *Powder Technology*, v.153, p.153-158.

Gil, M. (2009). A Conservação e restauro da pintura mural nas fachadas alentejanas: estudo científico dos materiais e tecnologias antigas da cor. Tese de doutorado. Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa..

Grygar, T.; Hradilová, J.; Hradil, D.; Bezdicka, P.; Bakardjieva. S. (2003). Analysis of earthy pigments in grounds of Baroque paintings. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, n. 375, p. 1154-1160.

Gysau, D. (2006). Fillers for paints: fundamentals and applications. Hannover, Germany: Vincentz Network.

Lopes, M.; Alvarenga, R.C.S.S.; Pedroti, L.G.; Cardoso, F.P.; Morais, C.S.S.; Mendes, B.C.; Medeiros, V.S.C.; (2017a). Avaliação do desempenho de tintas para construção civil à base de resíduo de granito. In: Congresso Anual da ABM, 72, São Paulo. Congresso Anual da ABM: Anais. São Paulo: ABM; 1 CD-ROM.

Lopes, M. M. S.; Cardoso, F. P.; Alvarenga, R. C. S. S.; Pedroti, L. G.; Mendes, H. R. (2017b). Resíduo de granito como carga para tintas à base de pigmentos de solos. 17º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Paz, Bolivia: FAADU-UMSA/PROTERRA, p.134-143. 1 CD-ROM.

Luz, A. B.; Lins, A. F. (2005). Rochas e minerais industriais: Usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.

NBR 14942 (2012). Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 15078 (2004). Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 15079 (2011). Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Yamak, H. B. (2013). Emulsion polymerization: effects of polymerization variables on the properties of vinyl acetate based emulsion polymers. Chapter 2. In: Polymer Science, Turkey: Intech.

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso, estudante de doutorado em engenharia civil na Universidade Federal de Viçosa, mestrado em engenharia civil, graduação em arquitetura; membro do Projeto Cores da Terra; membro da Rede Ibero-americana de Arquitetura e Construção com Terra PROTERRA; membro da Rede TerraBrasil. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0139431424276626>.

Matheus Tolentino Lauer, estudante de mestrado em civil and environmental engineering pela University of Nevada, Las Vegas, graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9257221728928202>

Anôr Fiorini de Carvalho: doutorado, mestrado e graduação em agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; professor adjunto do departamento de solos da UFV; coordenador do projeto Cores da Terra. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3776363148666390>

Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga: doutorado e mestrado em engenharia civil pela USP, graduação em engenharia civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; professora adjunta do departamento de engenharia civil da UFV. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4567947347922597>