

# DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE TINTAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL MANUFATURADAS COM PIGMENTOS DE SOLOS

Fernando P. Cardoso<sup>1</sup>; Rita de Cássia S.S. Alvarenga<sup>2</sup>; Anôr Fiorini de Carvalho<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dep. de Engenharia Civil UFV/ Rede PROTERRA/Rede TerraBrasil, MG, Brasil, fernando.cardoso@ufv.br

<sup>2</sup> Dep. de Engenharia Civil UFV, MG, Brasil, ritadecassia@ufv.br

<sup>3</sup> Dep. de Solos UFV, MG, Brasil, afiorini@ufv.br

**Palavras-chave:** processos de produção, desempenho, tintas com pigmentos de solos.

## Resumo

Neste trabalho foram desenvolvidos processos de produção de tintas para a construção civil que utilizam os solos como fonte de pigmentos, na perspectiva da criação de uma tecnologia social. Foram coletados três solos representativos das cores e ocorrência no município de Viçosa-MG. O disco Cow/les foi aperfeiçoado e usado para dispersar as partículas dos solos e selecionar as de menores tamanhos (<0,18 mm). Por meio do delineamento experimental de misturas, foram produzidas misturas ternárias e quaternárias, cada qual utilizando um tipo de resina. O desempenho das misturas foi avaliado quanto aos poderes de cobertura seco e úmido e à resistência à abrasão, de acordo com os limites estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT para tintas látex da categoria econômica. A viscosidade e o pH foram medidos e relacionados ao desempenho das misturas. Os resultados obtidos indicaram que em nenhuma das misturas foi possível obter formulações que atendessem a todos os requisitos de desempenho simultaneamente, e que as misturas quaternárias proporcionaram os melhores resultados. O pH exerceu forte influência sobre o desempenho das tintas, no que se refere à viscosidade, à resistência à abrasão e aos poderes de cobertura. As misturas quaternárias e a dispersão mecânica mostraram-se como alternativas promissoras para a adoção como tecnologia social.

## 1. INTRODUÇÃO

O propósito deste trabalho é contribuir com o desenvolvimento de uma tecnologia social<sup>1</sup>, iniciado pelo projeto Cores da Terra no ano de 2005. A criação do projeto foi motivada pela situação da maioria das edificações periurbanas, que não possui pintura devido ao custo elevado dos produtos voltados para o acabamento, e a perda do conhecimento tradicional da técnica de execução de pinturas com solos, denominada popularmente de barreado.

Barrear consiste em aplicar solos argilosos, geralmente a tabatinga<sup>2</sup>, diluídos em água sobre paredes construídas com terra – pau-a-pique e adobe – com o uso de um pano. Devido à compatibilidade entre o material utilizado para a construção das paredes e aquele utilizado para a pintura, ou seja, a terra, o barreado se comporta bem, apenas requerendo manutenções periódicas como qualquer pintura (Cardoso et al, 2014). No entanto, o barreado não adere bem às superfícies de alvenaria, revestidas com argamassas à base de cimento e/ou cal, devido à redução da porosidade e à incompatibilidades físico-químicas.

Conhecida a problemática da baixa aderência, foi proposta a adição da resina poliacetato de vinila (PVA) à terra diluída em água, numa proporção em volume de 1:2:2 de PVA, terra e água, com o objetivo de produzir tintas látex. Com essa medida, o projeto passou a disseminar a “nova técnica” por meio de atividades que resultaram na capacitação de pintores que, a partir de então, prestam o serviço de pintura com terra. Os relatos dos

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> A palavra tabatinga é de origem indígena, vindo do tupi (towa'tinga) e tendo seu significado designado como barro branco ou barro esbranquiçado (Houaiss, 2001).

usuários sobre o desempenho das tintas de terra são, na maioria, satisfatórios. Porém, registrou-se a dificuldade de se obter suspensões estáveis com os solos, devido à decantação das partículas, que compromete a homogeneidade das tintas e o trabalho de pintura (Fontes et al, 2013).

Apesar da grande difusão, o conhecimento dos fatores que determinam o desempenho das tintas de terra é pouco conhecido. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver processos de produção e avaliar o desempenho de tintas manufaturadas com pigmentos de solos provenientes da região de Viçosa – MG e resinas à base de PVA, de acordo com os requisitos mínimos determinados pela norma NBR 15079 (ABNT, 2011) para tintas da categoria látex econômica.

Trata-se, contudo, de um trabalho de caráter exploratório, que propõe alternativas para uma problemática conhecida, submete-as a ensaios para medir o desempenho e avalia as respostas sem aprofundar o estudo dos fatores intrínsecos que as determinaram.

É sabido, conforme afirma Uemoto (1993), que a tinta, na forma de pigmentos suspensos em um fluido, existe desde os tempos pré-históricos como pintura decorativa. Naquela época, os desenhos eram feitos com minerais como a gibbsita ou limonita, facilmente removíveis. Posteriormente, o homem descobriu que para obter algo mais permanente era necessário fixar a cor por meio de uma camada de cola, obtida de fontes proteicas como o leite e clara de ovo. Entre os anos 3000 a 2000 a.C. os egípcios já decoravam suas paredes com têmpera, que é uma pintura constituída por cal e cola. E, no Egito, onde o clima é bem seco, utilizava-se giz, carvão, argilas vermelhas, amarelas e verdes para obtenção de diferentes cores, e, como cola, eram utilizados goma arábica, ovo, gelatina e cera de abelha.

As tintas em geral são compostas pelos componentes: solvente, resina e pigmento: os solventes são usados para solubilizar outros materiais. Em composições de tintas e de revestimentos são geralmente usados para dissolver a resina e manter todos os componentes em mistura homogênea; a resina é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos. A resina também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado. Assim, por exemplo, têm-se as tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, etc. Todas levam o nome da resina básica que as compõe (Fazenda, 2005); o pigmento é uma substância colorida finamente dividida, que passa seu efeito de cor a outro material, quer quando bem misturado a ele, quer quando aplicado sobre sua superfície em uma camada fina (Maier, 2006).

As tintas devem apresentar desempenho compatível com a sua finalidade. Para o caso das tintas látex, a ABNT NBR 15079: 2011 estabelece os requisitos de desempenho para três categorias de tintas, denominadas econômica, standard e premium. As tintas são enquadradas nas referidas categorias de acordo com o desempenho apresentado quando submetidas aos ensaios indicados pela referida norma.

Portanto, este trabalho tem por objetivo atender aos limites estabelecidos para a categoria látex econômica, apresentados na tabela 1, com formulações de tintas que utilizam os solos como fonte de pigmentos.

Tabela 1 – Limites mínimos dos requisitos de desempenho para a categoria látex econômica (ABNT NBR 15079: 2011).

Requisitos	Método de ensaio	Unidade	Limites mínimos
PCS <sup>1</sup>	NBR 14942	m <sup>2</sup> /L	4,0
PCU <sup>2</sup>	NBR 14943	%	55,0
RAU <sup>3</sup>	NBR 15078	Ciclos	100,0

<sup>1</sup> Poder de cobertura da tinta seca; <sup>2</sup> Poder de cobertura da tinta úmida,

<sup>3</sup> Resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva.

O enfoque no desenvolvimento de uma tecnologia social conduziu a realização de um estudo que adapta todos os seus materiais e processos à realidade da autoprodução, ou

seja, que utiliza materiais acessíveis e de baixo custo, e processos de fácil apreensão e replicação, conforme apresentado em Material e Métodos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A produção de tintas obedece a uma série de processos que envolvem a definição, o tratamento e a mistura de seus componentes de acordo com requisitos determinados por normas, como a ABNT NBR 15079: 2011.

Para realizar este trabalho, todos os processos foram desenvolvidos para um contexto de autoprodução, ou seja, em que possam ser apropriados com facilidade. As referências iniciais foram as experiências desenvolvidas pelo projeto Cores da Terra, da Universidade Federal de Viçosa – UFV, somadas aos processos desenvolvidos pela indústria de tintas e aos processos usuais em tecnologia cerâmica e ciência dos solos para a caracterização e tratamento dos solos/pigmentos.

Tais conhecimentos foram integrados, adaptados e experimentados em ensaios preliminares, que tiveram por objetivo compreender as interações dos componentes e suas influências sobre o aspecto e o desempenho das tintas, para, com isso, poder indicar os limites de consumo de cada componente das misturas, elaborar os delineamentos experimentais e gerar as séries de misturas que foram testadas.

### **2.1. Seleção, extração e dispersão mecânica dos pigmentos de solos**

Os pigmentos utilizados foram extraídos de solos e serão referidos como dois tipos principais, doravante denominados como solos e pigmentos. O material denominado “solo” refere-se ao solo em seu estado natural sem nenhum tratamento prévio. O material denominado “pigmento” refere-se ao solo tratado com dispersão mecânica e posterior peneiramento.

Foram coletados três solos ocorrentes na paisagem de Viçosa-MG, representativos das cores disponíveis e adotados para produzir tintas pela população local. As amostras de solos coletadas foram denominadas: B (branca), A (amarela) e V (vermelha).

A amostra B foi obtida na Comunidade Córrego dos Barros em horizonte subsuperficial de gleissolos ocorrentes nos leitos maiores dos cursos d'água (Campos, 1999). A amostra A foi obtida no Bairro Viçosa, em horizonte subsuperficial de argissolos ocorrentes nos terraços fluviais (Corrêa, 1984; Naime, 1988). E a amostra V foi obtida nas proximidades do portão de acesso à UFV pela rodovia BR 120 em horizonte subsuperficial de latossolos vermelhos ocorrentes nas elevações convexas (Corrêa, 1984).

Os solos foram submetidos à dispersão mecânica em água com disco *Cowles*, acoplado em furadeira com motor de 900 W, a 1500 rpm. A dispersão mecânica teve por objetivo destruir os aglomerados e os agregados naturais para expor as partículas das argilas. O tempo de dispersão foi de 30 minutos para cada solo. Em seguida, o material foi peneirado em tecido de nylon, com trama de fios soldados e orifício quadrado com lado medindo 0,18 mm (80 mesh).

### **2.2. Caracterização dos solos/pigmentos**

As análises tiveram por finalidade descrever as características dos solos. As análises físicas e químicas foram realizadas antes e após a dispersão mecânica e peneiramento, com o objetivo de avaliar comparativamente os efeitos da dispersão mecânica sobre as características do material. Além das caracterizações físicas e químicas, os pigmentos também foram caracterizados quanto à cor.

A caracterização física constou das seguintes análises: Granulometria (EMBRAPA, 1997); Densidade de partículas (EMBRAPA, 1997); Argila dispersa em água (EMBRAPA, 1997); Índices de dispersão e floculação (EMBRAPA, 1997); Superfície específica (BET – Branauer; Emmett; Teller, 1938).

Também foram analisadas as principais características químicas para classificação de solos de acordo com os respectivos métodos de análise (EMBRAPA, 1997): pH em H<sub>2</sub>O e em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; Fósforo disponível; Bases trocáveis; Soma de bases (valor SB); Acidez; Capacidade de troca catiônica (t e T); Percentagem de saturação por bases (valor V); Percentagem de saturação por Al<sup>3+</sup> (valor m); Matéria orgânica (MO); Fósforo remanescente (P-Rem).

### 2.3. Ensaios preliminares

Os ensaios preliminares tiveram por objetivo obter os intervalos e proporções dos componentes a serem utilizados para a produção das amostras de tintas.

#### 2.3.1. Ensaio de defloculação

O objetivo de se realizar o ensaio de defloculação foi determinar a quantidade de dispersante necessária para realizar a máxima dispersão das partículas das argilas.

A dispersão química baseia-se no incremento da repulsão entre partículas. De acordo com Ruiz (2005), tal situação se dá pelo aumento da dupla camada difusa mediante a saturação do complexo de troca catiônica com Na<sup>+</sup>. O cátion trocável Na<sup>+</sup> tende a dispersar os aglomerados das partículas de argila no meio aquoso (Santos, 1975).

O ensaio de defloculação é realizado medindo-se a viscosidade em viscosímetros a cada adição de dispersante à massa. Com os dados obtidos, constrói-se a curva de defloculação, que relaciona a viscosidade com a massa de dispersante. O ponto mínimo de viscosidade é o que corresponde à máxima dispersão dos agregados de partículas (Santos, 1975).

A massa de pigmento defloculado foi de 200 g, o dispersante utilizado foi o NaOH da marca *Escorpião*, com 98% de pureza, e a viscosidade foi medida em viscosímetro de *Brookfield*. A curva correspondente ao pigmento B indica que são necessários 0,3 g de NaOH (3 ml de solução 2,5 mol L<sup>-1</sup>) para alcançar a viscosidade mínima e desta forma realizar a dispersão; para A são necessários 0,6 g de NaOH e para V são necessários 0,5 g de NaOH.

#### 2.3.2. Definição da quantidade de resina

A quantidade de resina foi definida de acordo com Uemoto (2005) que indica que a faixa de consumo para tintas látex é de 4,3 a 13 % em massa. Para ajustar a faixa foram produzidas amostras de tinta com variações nos consumo de resina e, em seguida, realizados ensaios para a determinação da resistência à abrasão em equipamento adaptado, baseando-se no método determinado pela NBR 15078 (ABNT, 2004).

Como o propósito deste trabalho é desenvolver uma tecnologia de baixo custo, e considerando que a resina é o componente mais caro, foram realizados testes com o objetivo de alterar o PVA, em busca de melhores resultados. O uso do PVA se deve a duas razões: ser solúvel em água e facilmente encontrado no mercado. Para realizar as alterações, também se considerou a facilidade de acesso aos demais componentes, além do processo de produção, que deve ser simples e não acarretar riscos à saúde do usuário.

Os resultados dos ensaios preliminares apresentaram resultados favoráveis apenas para o PVA e o "PVOH". Portanto, estas foram as resinas aplicadas neste estudo.

O PVA utilizado foi o da marca *Cascorez*, categoria Universal, também utilizado para produzir o "PVOH" (polivinil álcool), composto por PVA, álcool etílico e NaOH. O álcool etílico utilizado foi o de 46% GL e o NaOH foi o da marca *Escorpião*, com 98% de pureza.

#### 2.3.3. Teor de sólidos e viscosidade

A definição do teor de sólidos foi baseada em Uemoto (2005), que indica as faixas usuais para tintas látex, sendo: Teor de sólidos total: 35,6 a 52,0% em massa; Teor de pigmentos: 30,0 a 45,9% em massa.

Para determinar as faixas ideais de viscosidade, foram produzidas amostras de tinta com cada solo definido, variando-se as proporções dos componentes. Em seguida, foram escolhidas as amostras que apresentavam viscosidade aparente similar à de tintas

convencionais e, por fim, as viscosidades foram medidas no viscosímetro de Brookfield. Das medidas, definiu-se o limite máximo aceitável para a viscosidade.

#### 2.3.4. Definição dos demais componentes, intervalos e proporções

As restrições experimentais que culminaram na definição dos limites do intervalo de cada componente no delineamento foram baseadas em aspectos técnicos, testados nos ensaios preliminares. Na Tabela 2 estão apresentados os limites inferior e superior de cada fator estudado, de acordo com cada tipo de mistura.

Tabela 2 – Limites inferior e superior dos fatores água, solução de NaOH, PVA e álcool para as misturas ternárias e quaternárias determinados para experimento de mistura para produção de tintas a partir dos pigmentos B, A e V

Mistura e Fatores		Limite inferior (%)			Limite superior (%)		
		B	A	V	B	A	V
Ternária	X	56,69	56,24	56,39	64,29		
	Pigmentos	28,57			28,57		
	Y	0			0,45	0,9	0,75
	Z	7,14			14,29		
Quaternária	X	23,48	23,37	23,41	42,27	42,13	46,46
	Pigmento	26,56	26,46	26,49	26,56	26,46	26,49
	Y	0			0,42	0,84	0,7
	Z	6,64	6,61	6,62	13,28	13,23	13,25
	W	18,13	18,7	18,08	36,25	36,11	36,16

Fatores: X: Água; Y: Solução de NaOH; Z: PVA; W: Álcool

Restrições experimentais: teor de sólidos total: aproximadamente 35% em massa; teor de pigmentos: aproximadamente 30% (proporções dos pigmentos fixas); consumo de resina: entre 7% e 14% em massa, aproximadamente; consumo de solvente: entre 55% e 65%, aproximadamente (para o caso das misturas quaternárias, foi considerado o somatório de água e álcool); Consumo de dispersante: limite mínimo 0% e o máximo aquele definido pelo ensaio de defloculação para cada pigmento.

#### 2.4. Delineamento experimental

Para definir as misturas a serem testadas, foi elaborado um delineamento em vértices extremos de grau um, aumentado com pontos central e axiais, com o uso do software *Minitab 16*. O delineamento em vértices extremos é um procedimento para conduzir experimentos quando os componentes das misturas impõem restrições quanto às suas proporções, ou seja, com limites inferior e superior diferentes de zero e um, respectivamente (McClean; Anderson, 1966).

A partir de um delineamento de misturas, a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes da mistura (Gomes et al, 2005) e, além disso, diminuir o número de experimentos necessários para determinar propriedades ótimas do sistema em estudo.

De acordo com o tipo de mistura testada (ternária ou quaternária) e o pigmento (B, A e V), os agrupamentos de misturas foram denominados misturas B1-14, A1-14 e V1-14 (ternárias) e misturas B15-31, A15-31 e V15-31 (quaternárias).

#### 2.5. Produção de amostras

Foram produzidas misturas ternárias e quaternárias com cada pigmento, sendo os componentes das ternárias a água (X), a solução de NaOH (Y) e o PVA (Z); e os das

quaternárias a água (X), a solução de NaOH (Y), o PVA (Z) e o álcool etílico (W); a proporção de pigmento foi fixada nesse estudo.

Para cada pigmento, foram produzidas 31 amostras de tinta, sendo 14 misturas ternárias e 17 quaternárias. O volume final de cada amostra produzida foi de 600 ml.

## 2.6. Medição da viscosidade e do pH

A viscosidade (V) foi medida ao final da produção de cada amostra, com viscosímetro de *Brookfield*. Foram realizadas 3 medidas em cada amostra, em intervalos de tempo definidos (5, 15 e 30 min), sendo adotado o resultado obtido na terceira medição. O pH final de cada amostra foi medido com pHmetro com eletrodo de vidro.

O limite máximo definido para a viscosidade, de acordo com os ensaios preliminares, foi de 400 cP, valor que permitiu boas condições de aplicação das tintas.

Para o caso do pH, segundo Yamak (2013), o valor ótimo para as emulsões de acetato de vinila está compreendido entre 4,5 e 5,5. Portanto, o limite máximo de 5,5 foi adotado como referência neste trabalho.

## 2.7. Ensaio de desempenho

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de acordo com os limites estabelecidos para tintas da categoria Látex Econômica. Os requisitos avaliados são o poder de cobertura da tinta seca (ABNT NBR 14942:2012), poder de cobertura da tinta úmida (ABNT NBR 14943:2003), resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva (ABNT NBR 15078:2004). Os ensaios foram realizados por laboratório credenciado pelo INMETRO, com recursos do projeto “Cores da Terra Pintando o Brasil”, financiado pela FINEP.

## 2.8. Análise estatística

Após obtenção das respostas para os pontos dos delineamentos experimentais, foram ajustados modelos polinomiais de mistura aos dados experimentais.

Primeiro, ajustou-se aos dados experimentais o modelo cúbico completo e em sequência os modelos de menor grau (modelo cúbico especial, quadrático e linear).

Os termos não significativos ( $p$ -valor  $> 0,05$ ), partindo dos de maior grau para os de menor grau, foram retirados, um a um, sendo realizada nova análise a cada termo retirado. E também se recorreu ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para verificar o ajustamento do modelo.

Todas as análises foram feitas no *software* estatístico *Minitab 16*, bem como os gráficos de frequência das respostas estimadas pelo modelo de mistura.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização física

A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização física dos solos e dos pigmentos correspondentes.

Tabela 3 – Resultados da caracterização física

Parâmetro		B		A		V	
		Solo	Pigmento	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento
Granulometria	Areia grossa (%)	1	0	1	0	13	0
	Areia fina (%)	1	0	1	1	11	1
	Silte (%)	26	27	40	45	6	15
	Argila (%)	72	73	58	54	70	84
Classe textural		Muito argilosa	Muito argilosa	Argila siltosa	Argila siltosa	Muito argilosa	Muito argilosa

Densidade de partículas (kg/dm <sup>3</sup> )	2,52	2,47	2,55	2,53	2,6	2,5
Argila dispersa em água (%)	20	28	1	1	1	2
Índice de dispersão (%)	20	38	1,72	1,85	1,19	2,85
Índice de floculação (%)	62	80	98,28	98,15	97,15	98,81
Superfície específica (m <sup>2</sup> /g)	23,98	24,19	30,47	30,83	31,74	44,66

### 3.2. Caracterização química

A Tabela 4 apresenta os resultados da caracterização química dos solos e dos pigmentos correspondentes.

Tabela 4 – Resultados da caracterização química

Parâmetro	B		A		V	
	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento
pH H <sub>2</sub> O	5,06	4,81	5,74	5,93	5,39	5,96
pH KCl	4,64	4,61	5,33	6,16	6,08	6,22
P (mg/dm <sup>3</sup> )	0,3	0,9	3,3	2,2	1,1	1,1
K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	2	7	7	25	9	15
Ca <sup>2+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	0	0,38	0	1,27	0	1
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,01	0,08	0,22	0,21	0,05	0,2
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,3	0,88	0,1	0	0	0
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,3	2,7	3,5	1,3	2,5	1,3
SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,02	0,48	0,24	1,54	0,5	1,24
t (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,32	1,36	0,34	1,54	0,5	1,24
T (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,32	3,18	3,74	2,84	3	2,54
V (%)	0,6	15,1	6,4	54,2	16,7	48,8
m (%)	98,5	64,7	29,4	0	0	0
MO (dag/kg)	1,15	1,01	0,38	0,38	0,13	0,38
P-Rem (mg/L)	27,9	38,2	4,6	13,6	3,4	2,2

P: Fósforo disponível; K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: Bases trocáveis; H + Al: Acidez; SB: Soma das bases; t: CTC (capacidade de troca catiônica) efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Percentagem de saturação por bases; m: Percentagem de saturação por Al<sup>3+</sup>; MO: Matéria orgânica; P-Rem: Fósforo remanescente.

Os resultados das caracterizações indicam que, após o processo de dispersão mecânica e peneiramento, ocorreram incrementos da CTC e da superfície específica, eliminação total da fração areia grossa e quase total da fração areia fina, incremento da fração silte e incremento da fração argila para B e V.

Os resultados indicam que, apenas com a dispersão mecânica não se obteve a estabilidade desejada, devido à tendência do material à floculação, que diminui gradualmente de V para B, justificando-se então o incremento da dispersão com o dispersante químico NaOH.

### 3.3. Cor

De acordo com a Carta de Solos de Munsell (1975), o pigmento B apresentou matiz 10YR, valor 8 e croma 2; o pigmento A apresentou matiz 10YR, valor 7 e croma 8; e o pigmento V apresentou matiz 2,5YR, valor 5 e croma 8.

### 3.4. Desempenho, viscosidade e pH

A Tabela 5 apresenta os resultados dos ensaios de desempenho e das medições de Viscosidade e pH. Estão marcados em negrito os resultados satisfatórios, de acordo com os requisitos da norma ABNT NBR 15079: 2011.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de desempenho e medições de Viscosidade e pH

Misturas e ensaios	B					A					V					
	PCS	PCU	RAU	V	pH	PCS	PCU	RAU	V	pH	PCS	PCU	RAU	V	pH	
Ternárias	1	4	23	88	430	4	4	37	55	500	5	3	77	10	398	6
	2	3	27	200	985	4	4	36	93	2400	5	4	69	496	280	6
	3	4	25	88	970	4	4	36	12	680	5	4	65	54	340	5
	4	4	23	26	390	4	3	35	22	900	5	4	69	319	250	5
	5	3	25	200	975	4	4	36	41	820	5	4	69	78	208	5
	6	5	42	6	3100	4	5	38	35	900	7	4	67	102	860	6
	7	6	41	11	4100	5	5	34	8	230	8	4	69	496	280	6
	8	5	43	27	2800	5	5	37	22	280	7	4	75	32	310	7
	9	6	43	46	5400	4	5	36	67	970	7	4	65	127	840	7
	10	5	41	10	3000	5	4	34	23	390	6	5	71	93	840	7
	11	9	42	58	3000	5	5	34	42	1150	7	4	69	122	720	8
	12	8	45	95	8600	4	5	33	73	735	8	4	67	33	780	7
	13	6	40	10	1860	5	5	32	68	980	6	3	67	14	740	5
	14	5	43	5	415	6	4	34	262	1100	6	4	76	42	800	7
Quaternárias	15	4	35	172	4000	4	4	23	31	205	8	4	52	318	620	6
	16	6	39	117	2400	5	4	29	304	225	7	4	26	50	460	7
	17	7	36	6	2100	4	4	27	186	540	5	4	45	64	500	7
	18	4	33	16	2100	5	5	29	45	278	7	3	35	118	520	7
	19	8	33	141	990	6	4	30	27	310	7	3	25	12	600	7
	20	7	41	89	5800	4	4	32	169	355	7	3	39	55	180	7
	21	8	32	42	2400	5	3	31	259	420	7	3	50	247	720	5
	22	7	33	15	275	6	5	27	11	230	8	4	40	95	600	6
	23	8	33	87	3800	4	5	29	39	290	7	3	46	140	600	7
	24	10	34	18	2100	5	6	30	15	195	6	4	26	161	500	6
	25	7	32	14	615	5	5	29	152	350	6	4	48	33	520	6
	26	6	32	7	390	6	5	26	29	175	6	3	20	141	220	7
	27	5	35	112	2500	5	5	18	71	195	6	3	39	133	240	7
	28	6	34	15	2200	5	5	23	28	235	6	4	33	84	255	7
	29	9	33	8	2200	4	4	18	133	230	6	4	40	153	250	7
	30	8	34	60	3000	5	5	22	43	200	6	4	38	50	580	7
	31	5	33	13	1000	5	4	20	66	170	8	3	41	85	520	7

PCS: m<sup>2</sup>/L; PCU: %; RAU: ciclos; V: cP (centipoises)

Uma avaliação geral dos resultados obtidos indicou que o limite estabelecido para o PCS foi alcançado pela maioria das misturas; o limite mínimo para o PCU foi alcançado apenas pela mistura ternária correspondente ao pigmento V; e o limite mínimo para a RAU foi alcançado em todas as misturas, mas em um número reduzido de amostras.

As dificuldades encontradas para atender aos limites dos requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15079: 2011 se devem ao caráter restritivo do experimento, ou seja, para pequenas variações de consumo dos componentes, as respostas se alteram significativamente. Dado o caráter exploratório deste trabalho, tal situação é desejável, pois o que se busca é compreender a influência de cada componente sobre o desempenho e assim poder indicar as formulações mais adequadas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os dois processos de produção desenvolvidos constaram de misturas ternárias e quaternárias com os pigmentos B, A e V e os fatores X (água), (Y) solução de NaOH, (Z) resina e (W) álcool etílico.

Atendeu-se a um número maior de requisitos com os pigmentos B e A nas misturas quaternárias, enquanto que, com as misturas ternárias, obtiveram-se melhores resultados

para o pigmento V. Os dois processos de produção, portanto, dado o caráter exploratório deste trabalho, apresentaram-se como alternativas promissoras e criaram referências para estudos mais aprofundados.

As misturas quaternárias apresentaram vantagens, pois apresentaram as menores faixas de viscosidade e o maior número de misturas com RAUs satisfatórias. Outro fator a ser considerado foi o aspecto das tintas: com as misturas quaternárias foram obtidas tintas com aparência similar à das tintas industrializadas e, além disso, homogeneidade e aplicabilidade melhores que as correspondentes às misturas ternárias.

A dispersão mecânica com o disco *Cowles* adaptado mostrou-se efetiva e configura-se como uma grande contribuição deste trabalho. No entanto, apenas com a dispersão mecânica foi impossível manter estáveis as dispersões de pigmentos, problema que foi solucionado com a dispersão química.

Os níveis dos fatores foram, em geral, inadequadas para alcançar faixas de viscosidade e pH desejáveis, o que demanda a redefinição dos limites: os níveis do fator X devem ser elevados, para diminuir a viscosidade, e os do fator Y devem ser reduzidos, para diminuir o pH. Ainda sobre o pH, na maioria das situações o NaOH contribuiu com a estabilidade das suspensões, também interferindo diretamente sobre a viscosidade, mas comprometeu a atuação da resina e, logo, acarretou a redução da RAU.

A única mistura que atendeu a todos os requisitos estudados foi a ternária correspondente ao pigmento V, mas com formulações discrepantes, que impedem a indicação de uma só formulação que atenda a todos os requisitos estudados. As demais misturas atenderam parcialmente aos requisitos estudados, sem atender simultaneamente àqueles determinados pela ABNT NBR 15079: 2011.

A adoção de níveis similares dos fatores das misturas para os três pigmentos, com exceção do fator Y, mostrou-se ineficaz, o que demanda equilibrar os níveis dos fatores e/ou eliminar fatores para se obter formulações que atendam a todos os requisitos de desempenho, considerando as características específicas de cada pigmento.

Os resultados obtidos representam mais um passo do projeto Cores da Terra rumo ao desenvolvimento de uma tecnologia social, ao sanar uma problemática – a da estabilidade das suspensões – e lançar as bases para estudos mais aprofundados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14942: 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: ABNT, 2012. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14943: Tintas para construção civil. Método para avaliação de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15078: 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: ABNT, 2004. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15079: Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 4 p.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H. ; TELLER, E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. Journal of the American Chemical Society, n. 60, p. 309-319, 1938.

CAMPOS, C.E.B. Indicadores de campo para solos hidromórficos do planalto de Viçosa, Minas Gerais. 1999. 102 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

CARDOSO, F. P.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. 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, 2014, Guimarães. Anais do I CLB/MCS. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, 2014. 1 CD-ROM.

CORRÊA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa. 1984. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

DAGNINO, R. P. Tecnologia Social: Ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: Unicamp, 2009.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

FAZENDA, J.M.R. Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

FONTES, M. P; CARVALHO, A. F; CARDOSO, F. P. Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas. Viçosa, MG, 2013. Relatório.

GOMES, C.M. et al. Defloculação de massas cerâmicas triaxiais obtidas a partir do delineamento de misturas. Cerâmica, n. 51, p. 336-342, 2005.

HOUAISS. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.

MAIER, R. Manual do artista. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

McLEAN, R. A.; ANDERSON, V. L. Extreme vertices design of mixture experiments. Technometrics, v.8, p. 447-454, 1966.

MUNSELL. Munsell Soil Color Charts. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.

NAIME, U.J. Caracterização de solos de terraços nas Zonas da Mata e Rio Doce, Minas Gerais. 1988. 76 P. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

RUIZ, H. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 29, p. 297-300, 2005.

SANTOS, P. S. Tecnologia de argilas. v. 1: Fundamentos. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

UEMOTO, K. L.; SILVA, J. Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo. Boletim Técnico. SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

UEMOTO, K. L. Pintura a base de cal. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Associação dos Produtores de Cal, 1993.

YAMAK, H. B. Emulsion Polymerization: Effects of Polymerization Variables on the Properties of Vinyl Acetate Based Emulsion Polymers. Chapter 2. In: Polymer Science, Turkey: Intech, 2013. Disponível em <http://www.intechopen.com/books/polymer-science>. Acesso em 15 jan. 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFV, pela oportunidade de cursar o mestrado; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado; e à Finep, pelo financiamento da pesquisa, via projeto Cores da Terra Pintando o Brasil.

## **NOTA**

Este trabalho foi extraído da dissertação de mestrado intitulada “Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos” de autoria de Fernando de Paula Cardoso

## **AUTORES**

Fernando de Paula Cardoso: Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestre em Engenharia Civil (Engenharia da Construção) pela UFV; Estudante de doutorado em Engenharia Civil na UFV; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV; e membro das Redes TerraBrasil e PROTERRA.

Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga: Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela USP; Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Anôr Fiorini de Carvalho: Graduação, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Coordenador do projeto Cores da Terra; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV; Coordenador do projeto Cores da Terra.