



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

NAYARA MARA DE OLIVEIRA SALDANHA

**AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM SOLO DA CIDADE
DE PAU DOS FERROS PARA A FABRICAÇÃO DE GEOTINTAS**

PAU DOS FERROS - RN

2019

NAYARA MARA DE OLIVEIRA SALDANHA

**AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM SOLO DA CIDADE
DE PAU DOS FERROS PARA A FABRICAÇÃO DE GEOTINTAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Campus Pau dos Ferros como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. José Daniel Jales Silva.

PAU DOS FERROS-RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S Saldanha, Nayara Mara de Oliveira.

162a AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM SOLO DA CIDADE DE PAU DOS FERROS PARA A FABRICAÇÃO DE GEOTINTAS / Nayara Mara de Oliveira Saldanha. - 2019.

54 f. : il.

Orientador: José Daniel Jales da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2019.

1. Tintas naturais. 2. COV's. 3. Caracterização do solo. I. Silva, José Daniel Jales da, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

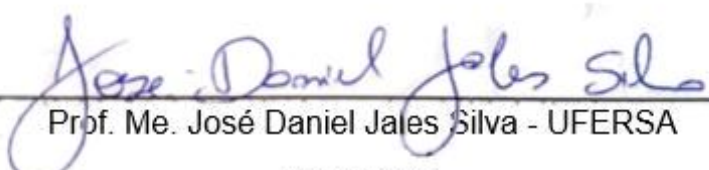
NAYARA MARA DE OLIVEIRA SALDANHA

**AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM SOLO DA CIDADE
DE PAU DOS FERROS PARA A FABRICAÇÃO DE GEOTINTAS**

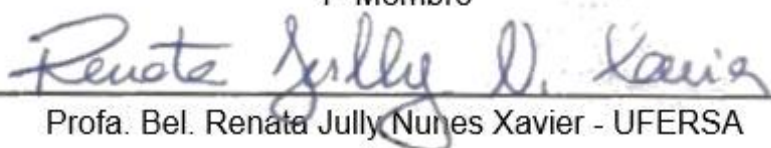
Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Campus Pau dos Ferros como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADA EM: 09/08/2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Me. José Daniel Jales Silva - UFERSA
Presidente


Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos - UFERSA
1º Membro


Profa. Bel. Renata Jully Nunes Xavier - UFERSA
2º Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e ter me proporcionado força e coragem durante toda essa longa caminhada, à minha mãe Francisca Luzaira de Oliveira Saldanha e meu pai Francisco Cassiano Saldanha por terem dado tudo de si para que eu alcançasse meus sonhos e, também, aos meus irmãos e ao restante da minha família que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

Quero agradecer também ao Me. José Daniel Jales pela paciência na orientação e incentivo, sempre disposto a ajudar e esclarecer as minhas dúvidas e por seus grandes ensinamentos.

E finalmente a todos aqueles que me ajudaram de alguma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As tintas assumiram grande importância no setor da construção civil, sendo essenciais quando se trata de acabamento e estética, porém, o que pouco se sabe é que esse material possui Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) que são substâncias prejudiciais à saúde. No ano de 1987, a Organização Mundial da Saúde notou que existe uma reação entre os sintomas de problemas alérgicos e respiratórios que surgem nos usuários dos edifícios e os COV's, depois disso, cresceu progressivamente o número de pesquisas relacionadas à saúde pública nos edifícios. Nesse contexto, as tintas que apresentam o solo natural como matéria prima tornam-se uma opção interessante, uma vez que, é uma tinta natural que não contém tais substâncias e sua produção é simples e de fácil acesso a todos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de um solo de Pau dos Ferros para a produção de uma geotinta e avaliar parâmetros como trabalhabilidade, rendimento, durabilidade, custo benefício, entre outros. Como metodologia, optou-se por uma pesquisa qualitativa, apoiando-se em técnicas de coleta de dados, também quantitativas. Em relação aos procedimentos, a pesquisa constituiu-se inicialmente, de uma revisão na literatura sobre o tema, em seguida dividiu-se em três etapas experimentais: caracterização do solo, produção da geotinta com duas granulometrias diferentes e aplicação do produto em dois substratos distintos. Através da análise realizada neste trabalho, constatou-se que a geotinta com maior superfície específica (geotinta L) possuiu um melhor desempenho em relação a todos os quesitos analisados com exceção da durabilidade, em que se verificou o mesmo resultado para ambos os tipos de geotinta.

Palavras-Chave: Tintas naturais. COV's. Caracterização do solo.

ABSTRACT

Paints have assumed great importance in the construction sector, being essential when it comes to finishing and aesthetics, but what is little known is that this material has Volatile Organic Compounds (VOCs) that are harmful to health. In 1987, the World Health Organization noted that there is a reaction between the symptoms of allergic and respiratory problems that arise in building users and VOCs, after which the number of public health-related research in buildings has progressively increased. In this context, paints that present natural soil as a raw material become an interesting option, since it is a natural paint that does not contain such substances and its production is simple and easily accessible to all. In this sense, the objective of this work was to evaluate the potential of a Pau dos Ferros soil for the production of a geotint and to evaluate parameters such as workability, yield, durability, cost benefit, among others. As a methodology, we opted for a qualitative research, relying on data collection techniques, also quantitative. Regarding the procedures, the research initially consisted of a literature review on the subject, then divided into three experimental steps: soil characterization, geotint production with two different granulometries and application of the product on two different substrates. . Through the analysis performed in this work, it was found that the geotint with smaller specific surface (L geotint) had a better performance in relation to all the analyzed aspects except the durability, which showed the same result for both types of geotint. .

Keywords: Natural paints. VOCs. Soil characterization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – William Perkin com tecido tingido por Mauveína	17
Figura 2 – Variações de cores de geotintas aplicada em parede	18
Figura 3 – Diversas cores de pigmentos de origem mineral	19
Figura 4 – Classificação granulométrica do solo de acordo com a NBR 6502/95	20
Figura 5 – Carta de Cores de Munsell	20
Figura 6 – Ilustração das camadas de solo	21
Figura 7 – Elementos necessários para fabricação da geotinta	23
Figura 8 – Normas disponíveis que tratam acerca das tintas	24
Figura 9 – Pinturas utilizando tintas obtidas através de pigmentos naturais ...	25
Figura 10 – Oficinas nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo	26
Figura 11 – Vivências do Projeto Solo na Escola da UFCG	27
Figura 12 – Primeira oficina da Universidade Federal do Paraná	28
Figura 13 – Segunda oficina da Universidade Federal do Paraná	28
Figura 14 – Paredes externas de uma casa em Borborema pintada com geotinta	29
Figura 15 – Paredes externas e testada do muro pintadas com geotinta	30
Figura 16 – Casa de pau-a-pique pintada com geotinta em Barra de Santa Rosa	30
Figura 17 – Fluxograma metodológico da pesquisa	31
Figura 18 – Amostra representativa para o ensaio de granulometria	33
Figura 19 – Realização do ensaio de Limite de Plasticidade	33
Figura 20 – Realização do ensaio de Limite de Liquidez	34
Figura 21 – Realização do ensaio de Frasco de Chapman	35
Figura 22 – Representação dos solos no Sistema Unificado	35
Figura 23 – Carta de Plasticidade de Casagrande	36
Figura 24 – Esquema para a classificação do solo pelo Sistema Unificado.....	36
Figura 25 – Local de coleta do solo	37
Figura 26 – Peneira comum	37
Figura 27 – Materiais utilizados na fabricação	38
Figura 28 – Geotinta C	38
Figura 29 – Geotinta L	39
Figura 30 – Superfícies de aplicação	39
Figura 31 – Primeira demão das geotintas C e L, respectivamente	40
Figura 32 – Segunda demão das geotintas C e L, respectivamente	40
Figura 33 – Terceira demão das geotintas C e L, respectivamente	40
Figura 34 – Geotintas no primeiro dia e após 60 dias de exposição, nessa ordem.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio de Granulometria	41
Tabela 2 – Resultados do ensaio de Limite de Plasticidade	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Avaliação do Teste de Sedimentação	22
Quadro 2 – Resumo dos parâmetros avaliados das geotintas C e L	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva granulométrica	42
Gráfico 2 – Comparação dos valores da geotinta com as tintas látex locais de 18L	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 Histórico das geotintas	17
3.2 Definições.....	18
3.3 Solo ideal para fabricação das geotintas.....	19
3.4 Fabricação.....	22
3.5 Referências normativas.....	24
3.6 Estado da arte nas geotintas.....	25
3.6.1 Apostila intuitiva de pigmentos naturais	25
3.6.2 Projeto Cores da Terra: Pintando o Brasil - Universidade Federal de Viçosa	26
3.6.3 Projeto Solo na Escola – Universidade Federal de Campina Grande	27
3.6.4 Oficina de Tintas Naturais – Universidade Federal do Paraná.....	27
3.6.5 Estudos realizados sobre geotintas.....	28
3.6.6 Experiências em moradias nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba....	29
4 METODOLOGIA	31
4.1 Primeira etapa – Caracterização do solo	32
4.1.1 Ensaio de granulometria (peneiramento)	32
4.1.2 Ensaio de limite de plasticidade e limite de liquidez	33
4.1.3 Índices físicos.....	34
4.1.4 Classificação do solo.....	35
4.2 Segunda etapa – Fabricação da geotinta.....	37
4.3 Terceira etapa - Aplicação da geotinta.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Ensaio para a classificação do solo.....	41
5.1.1 Ensaio de granulometria.....	41
5.1.2 Ensaio de limite de plasticidade e limite de liquidez	42
5.1.3 Ensaio de frasco de Chapman	43
5.1.4 Classificação do solo.....	44
5.2. Avaliação das geotintas produzidas	44

5.2.1 Trabalhabilidade	44
5.2.2 Rendimento de produção e poder de cobertura	45
5.2.3 Durabilidade	45
5.2.4 Custo	46
5.2.5 Formação de bolhas.....	46
5.2.6 Uniformidade	46
5.2.7 Escorrimento	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Os seres humanos passam grande parte do tempo em ambientes fechados, como em casa ou no trabalho, nesses locais há grande concentração de compostos orgânicos voláteis (COV's), substâncias químicas frequentemente nocivas à saúde que contribuem para a poluição atmosférica, presentes em tintas e vernizes industriais. Em 1987 a Organização Mundial da Saúde identificou a Síndrome do Edifício Doente nas edificações em que há sintomas de problemas alérgicos e respiratórios em seus usuários. Desde então, a qualidade do ar de interiores tornou-se um tema de pesquisa importante na área de saúde pública nas últimas duas décadas (BRICKUS, 1999; FARIA E SCHMID, 2015).

As tintas e suas embalagens são classificadas como resíduos de classe D segundo o inciso IV do art. 3.º da Res. CONAMA 307/2002:

“resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde” (Brasil, 2002).

De acordo com Uemoto (1993) as tintas imobiliárias são compostas basicamente por pigmento, solvente e uma substância adesiva e baseiam-se no revestimento das superfícies através de um líquido com diferentes cores que após ser aplicado na superfície torna-se uma película sólida que decora e protege a edificação, tornando-a mais agradável a seus usuários.

Atualmente há muitos debates acerca do tema sustentabilidade e na busca para tal é primordial o uso de materiais alternativos, que causem menor impacto ao meio ambiente e minorem os gastos (VITAL et al., 2018).

A utilização da terra como pigmento das tintas é uma técnica pré-histórica e conforme estudos pode durar tanto quanto a tinta convencional. Com ela tem-se a oportunidade de combinar diferentes cores de solos para obter uma variedade de tons (SILVA; SILVA; LIMA, 2018). Segundo Carvalho et al. (2007) as práticas de pintura que usam o solo como pigmento vem sendo largamente utilizadas nos mais variados locais e, sobretudo no ambiente rural. A utilização de novas alternativas para pintura é uma urgência e o uso da geotinta é uma alternativa inovadora, econômica e viável de valorização das potencialidades do solo, geração de trabalho e renda (VITAL et al, 2018; CAPECHE, 2010).

Conforme Carvalho et al. (2007) e Anghinetti (2012) as geotintas são livres de COV'S, substâncias poluentes derivadas do petróleo que agredem a camada de ozônio. São atóxicas, inodoras e apresentam cores resistentes que não desbotam, podendo ser aplicadas tanto em áreas internas como em áreas externas, sobre substratos de cimento, cal, concreto etc.

A escolha do tema se pauta na necessidade crescente de buscar materiais que ocasionem menor degradação ambiental e que gerem menores gastos, visando proporcionar melhores condições de ambiente para as gerações futuras e a oportunidade de todos os indivíduos terem acesso a tintas de baixo custo e de fácil produção. Diante disso, o trabalho aqui apresentado torna-se significativo, pois se propõe a avaliar o solo do município de Pau dos Ferros – RN para fabricação de tintas naturais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar a potencialidade de um solo da cidade de Pau dos Ferros para a fabricação de geotintas analisando através de experimentação as características como durabilidade da tinta, trabalhabilidade, rendimento e poder de cobertura da tinta, custo, dentre outros.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o solo coletado para fabricação da tinta, realizando ensaios de granulometria, plasticidade e massa específica;
- Fabricar a geotinta com base em procedimento obtido na literatura;
- Avaliar o desempenho da tinta fabricada quanto à quesitos de durabilidade e aplicação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

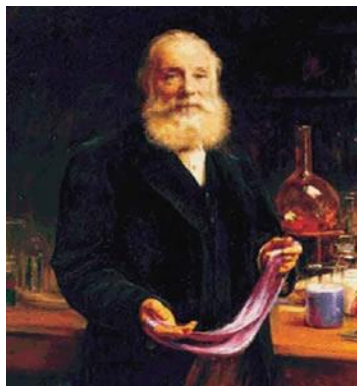
3.1 Histórico das geotintas

No início da história humana na terra era comum misturar elementos naturais como terra, plantas, raízes, entre outros para produzir o que hoje conhecemos por tinta. Porém, naquele tempo não havia a separação dos termos tintas naturais e tintas artificiais, pois toda tinta era feita de elementos naturais (BERMOND, 2017).

Segundo Faria e Schmid (2015) *apud* UEMOTO (1993) o uso das tintas naturais pela humanidade para as pinturas corporais, de vestes e paredes das cavernas remonta há mais de 40.000 anos, nesta época também descobriu-se a necessidade de adicionar à tinta uma espécie de “cola” feita com materiais proteicos (leite, gordura animal e clara de ovos) para melhorar sua durabilidade e fixação.

Alvarenga (2006) afirma que a cerca de 10.000 anos os egípcios começaram a extrair pigmentos a partir do óxido de ferro, azuis e verde do minério de cobre, amarelos de arsênico, pretos do carvão, vermelhos da raiz de garança e o branco do Caulim. Em 1856 o químico inglês Sir William Perkin desenvolve o primeiro corante sintético em laboratório, a Mauveína ou púrpura de anilina (Figura 1). Foi a partir daí que houve a distinção entre os termos tintas naturais e tintas artificiais e as tintas naturais começaram a ficar cada vez mais em desuso dando lugar para as tintas artificiais, amplamente utilizadas hoje em dia (BERMOND, 2017).

Figura 1 - William Perkin com tecido tingido por Mauveína.



Fonte: Mundo Educação (2018).

3.2 Definições

Segundo Carvalho et al. (2009) a tinta nada mais é que uma mistura de pigmentos, líquidos e adesivos ou colas. Os pigmentos são os responsáveis pela cor, já os líquidos e adesivos desempenham o papel de dar fluidez e viscosidade tanto para transportar os pigmentos quanto para fixá-los nas superfícies.

Tintas naturais são aquelas que ao invés de serem produzidas com produtos químicos, são fabricadas utilizando os produtos disponíveis na natureza (INSTITUTO ECO DESENVOLVIMENTO, 2012). As geotintas (Figura 2) utilizam o solo como pigmento para produção da tinta.

Figura 2 – Variações de cores de geotintas aplicada em parede.



Fonte: Manual do Mundo (2015).

De acordo com Zilli (2008) os pigmentos são elementos responsáveis pela coloração dos materiais, podem ser naturais ou artificiais. Os pigmentos naturais podem ser de origem vegetal, obtidos em flores, frutos, folhas e raízes e de origem mineral (Figura 3), encontrados em terras, argilas e cal. Os pigmentos minerais em comparação aos pigmentos vegetais são mais estáveis, duradouros e produzem tintas mais resistente às intempéries e com maior cobertura (INSTITUTO ECO DESENVOLVIMENTO, 2012).

Figura 3 – Diversas cores de pigmentos de origem mineral.



Fonte: Capeche (2010).

O solvente é o líquido utilizado na fabricação de tintas naturais, neste caso utiliza-se a água que é considerada solvente universal. A função deste é ajustar as propriedades de cura e viscosidade da tinta, além de transportar os componentes não voláteis (ANTUNES; CUSTÓDIO E ROSA, 2014 *apud* SOARES, 2012).

Conforme Carvalho et al. (2009) os adesivos são substâncias que fazem com que as partículas dos pigmentos fiquem aderidas às paredes, ou seja, é uma substância aglutinante e adesiva que vai colar cada partícula uma na outra e estas nas superfícies a serem pintadas. O autor ainda cita dois tipos principais de adesivos naturais, a cola branca e o grude, sendo o primeiro obtido em comércio e utilizado para ambientes externos e internos por possuir maior resistência ao tempo e o segundo feito com amido e utilizado somente para ambientes internos.

3.3 Solo ideal para fabricação das geotintas

Segundo Cardoso et al. (2016) o material denominado solo remete ao solo em seu estado natural, enquanto o material denominado pigmento compete ao solo tratado com dispersão mecânica e posterior peneiramento.

O solo é composto por diversos tipos de minerais e por matéria orgânica, os minerais são formados pela decomposição das rochas enquanto a matéria orgânica é resultado da decomposição da matéria vegetal e animal (DAS, 2007). De acordo com a ABNT NBR 6502:1995 – Rochas e Solos, os minerais são divididos de acordo com sua granulometria em pedregulho, areia, sílte e argila, da maior dimensão para as menores respectivamente (Figura 4).

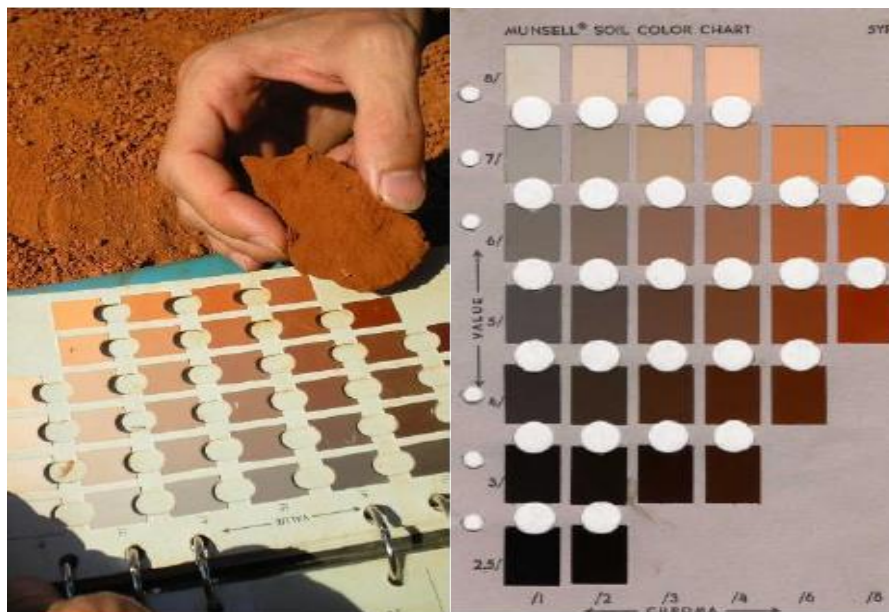
Figura 4 – Classificação granulométrica do solo de acordo com o a NBR 6502/95.

PEDREGULHO			AREIA			SILTE	ARGILA
G	M	F	G	M	F		
60	20	6	2.0	0.6	0.2	0.06	0.002
							0

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6502 (1995).

Os principais elementos encontrados no solo são a areia, o sílte e a argila. Porém, para a produção de geotintas é necessário que o solo apresente cores com maior poder de pigmentação, isto é, com maior capacidade de dar cor e aderir a área a ser coberta com tinta e para tal feito os solos mais indicados são o sílte e a argila (Carvalho et al., 2009). Os solos podem se apresentar sob variadas cores, indo do claro ao mais escuro e essa identificação é feita na Carta de Cores de Munsell (Figura 5), que consiste num caderno de exemplos de cores relacionados cada um a um código de três números: Matiz, Valor e Croma (RESENDE et al., 2002).

Figura 5 – Carta de Cores de Munsell.



Fonte: Vital et al. (2018).

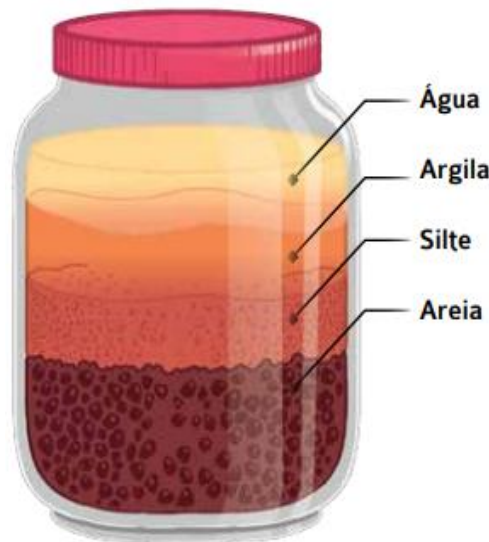
De acordo com Cardoso et al. (2016) a matiz é a relação entre os pigmentos de cores amarelas (encontrados no mineral goethita) e os pigmentos vermelhos (encontrados no mineral hematita). O valor, por sua vez indica a quantidade de pigmento negro sobre um fundo branco. Por fim, o croma representa a quantidade de

misturas dos pigmentos aplicados sobre um fundo negro, ou seja, quanto maior o valor deste, mais vivacidade tem a cor.

Em se tratando da identificação do tipo de solo, Incaper (2014) mostra que um teste tátil visual pode ser realizado para diferenciar um solo arenoso de um siltoso ou argiloso. Desta forma, basta pegar um pouco de terra e água e tentar formar uma bolinha com as mãos, se você não conseguir moldar a bolinha o solo é arenoso, mas se conseguir moldar o solo é siltoso ou argiloso, o que os diferenciará é que no solo siltoso você consegue desmanchar a bolinha facilmente e no solo argiloso além de não desmanchar com facilidade a cor do solo irá se fixar na palma de suas mãos.

Outra maneira de identificar o solo e as frações que o compõe é colocar uma porção de terra até a metade em um recipiente transparente e completar o restante com água, em seguida adicionar uma colher de chá de sal, agitar bem e aguardar o solo decantar. Se o solo for composto pelos três elementos principais será possível ver a divisão de cada camada conforme a Figura 6 a seguir (INCAPER, 2014).

Figura 6 – Ilustração das camadas de solo.



Fonte: Incaper (2014).

Observa-se que a areia por ser mais pesada é a primeira a decantar e formar uma camada no fundo. Em seguida é a vez do sílte, sendo mais leve, decanta logo a seguir. A argila por possuir menor granulometria e ser bem mais leve, decanta por último (Carvalho et al., 2009). O autor ainda afirma que para produzir tintas de qualidade a argila se configura como solo ideal. Isso se dá devido a mesma possuir

granulometria menor, o que lhe permite revestir mais espaços, tendo assim maior poder de cobertura. As argilas também têm sua forma diferente das areias, pois apresentam formas lamelares que faz com que a área de contato entre as partículas seja muito grande e como consequência disso, fica difícil com que sejam separadas. Outro fator que conta é a enorme variedade de cores que se pode encontrar nas argilas, possibilitando a fabricação de diferentes cores de tintas.

Carvalho et al. (2009) ainda traz em sua cartilha uma tabela evidenciando que o uso da argila na produção de geotinta lhe confere uma ótima qualidade, nesta tabela ele traz a avaliação do teste de sedimentação de 6 situações diferentes de solos mostrando se os mesmos se configuram adequados ou não para produção de tintas e quais serão as qualidades das tintas produzidas com estes (Quadro 1).

Quadro 1 – Avaliação do Teste de Sedimentação.

SITUAÇÃO	RESULTADO	ADEQUADA OU INADEQUADA PARA PRODUZIR TINTAS?	ORIENTAÇÃO
1	Argila Pura	Adequada	Vai resultar em uma tinta de ótima qualidade
2	Sílte puro	Adequada	Vai resultar em uma tinta de qualidade intermediária e será necessário misturá-la frequentemente, pois decanta muito rápido
3	Areia pura	Inadequada	Não é possível produzir tinta, portanto procure outra amostra
4	Quantidade maior de argila e sílte	Adequada	Vai resultar em uma tinta de boa qualidade e será necessário misturá-la frequentemente, pois decanta muito rápido
5	Quantidade maior de sílte e areia	Inadequada	Inadequada para tintas, mas ideal para texturas
6	Quantidade maior de areia e argila	Inadequada	É possível produzir tintas de média qualidade e de aplicação mais difícil. No entanto, é indicada para texturas

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2009).

3.4 Fabricação

Conforme Carvalho et al. (2007) para a fabricação da tinta é fundamental a terra, água e cola (cola branca ou grude) como matérias primas e como materiais é necessário ter uma pá e sacos para coletar a terra, balde de plástico para a cola ou

grude, um recipiente grande o suficiente para a produção da tinta, uma balança para medir as quantidades de terra, recipientes com graduação para medir quantidades de água e cola, colher de pau para mexer a mistura durante a fabricação e peneiras para obter o pigmento através da terra seca (Figura 7).

Vale ressaltar que ainda que seja utilizada cola branca para a fabricação da tinta, esta é considerada ainda natural por dois motivos, por não ser tóxica liberar COV's. A cola branca é um produto solúvel em água e que apesar de seu valor econômico mais elevado que o grude se apresenta como uma ótima alternativa de adesivo para fabricação de geotintas (FARIA e SCHMID, 2015).

Figura 7 – Elementos necessários para fabricação da geotinta.



Fonte: Carvalho et al. (2007).4

O processo de fabricação é descrito na Cartilha Cores da Terra escrita por Carvalho no ano de 2009 e é bem simples, basta misturar na proporção adequada, isto é, na proporção de 2:2:1 de pigmento, água e cola para se obter a tinta. Esta, pode ser aplicada na superfície no mesmo instante ou ser armazenada por no máximo uma semana em local seco e em um recipiente bem tampado. Esse tempo reduzido de armazenagem se justifica devido a impossibilidade de se diluir a mistura restante de terra e cola depois que a água evapora. Ainda na cartilha é abordada a quantidade de material necessário para produções maiores de tinta, à exemplo para de fabricar 18 L de geotinta, capaz de cobrir uma área de 70m² por demão é necessário utilizar 8 kg de solo, 8 L de água e 4 kg de cola branca (CARVALHO et al., 2009).

3.5 Referências normativas

As tintas como todos os materiais devem passar por uma série de avaliações antes de sua potencial comercialização e uso. A associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou algumas normas a respeito da avaliação do desempenho das tintas, portanto, para que a tinta seja considerada dentro dos padrões da ABNT a mesma deve atender aos requisitos estabelecidos em cada norma. A figura 8 a seguir traz algumas dessas normas referentes às tintas.

Figura 8 – Normas disponíveis que tratam acerca das tintas.

ABNT NBR 14940:2018: **Tintas para construção civil** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida.

ABNT NBR 14943:2018: **Tintas para construção civil** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida.

ABNT NBR 14945:2017: **Tintas para construção civil** - Método comparativo do grau de craqueamento para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais.

ABNT NBR 14944:2017: **Tintas para construção civil** - Determinação da porosidade em película de tinta para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais.

ABNT NBR 14946:2017: **Tintas para construção civil** - Avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da dureza König.

ABNT NBR 15382:2017: **Tintas para construção civil** - Determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais.

ABNT NBR 14942:2016: **Tintas para construção civil** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta seca.

ABNT NBR 15299:2015: **Tintas para construção civil** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação de brilho.

ABNT NBR 15380:2015: **Tintas para construção civil** - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado.

ABNT NBR 15380:2015: **Tintas para construção civil** - Método de ensaio de tintas para edificações não industriais - Determinação do teor de compostos orgânicos voláteis (COV) por cromatografia e gravimetria.

ABNT NBR 15079:2011: **Tintas para construção civil** - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tintas látex nas cores claras.

ABNT NBR 11702:2010: **Tintas para construção civil** - Tintas para edificações não industriais - Classificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

3.6 Estado da arte nas geotintas

Desde o retorno do uso de elementos naturais para fabricação de tintas, as geotintas vêm ganhando cada vez mais espaço e se popularizando. O reflexo disso pode ser visto através das diversas práticas que ensinam a técnica de fabricação de tintas naturais. Abaixo são retratadas algumas oficinas, projetos, estudos e aplicações da geotinta em alguns estados brasileiros.

3.6.1 Apostila intuitiva de pigmentos naturais

Jhon Bermond, escritor desta apostila trabalha com oficinas sobre pinturas com pigmentos naturais desde o ano de 2014. No ano de 2016 ofertou oficinas no projeto Tons de Verde e Alternativo Domingo realizado nas unidades da SESC no Rio de Janeiro. Já no ano de 2017 facilitou oficinas nos estados de Roraima, Amazonas e Pará para o projeto Arte da Terra, pintando o Brasil – Região Norte. Ao final de 2017 através de conhecimentos adquiridos ao longo dos anos, ele decidiu formular a apostila que aborda sobre os pigmentos presentes no nosso cotidiano, a forma de obtenção destes, as cores que podem ser encontradas em cada um e alguns exemplos de pinturas utilizando pigmentos naturais conforme se observa na Figura 9 (BERMOND, 2017).

Figura 9 – Pinturas utilizando tintas obtidas através de pigmentos naturais.



Fonte: Bermond (2017).

3.6.2 Projeto Cores da Terra: Pintando o Brasil – Universidade Federal de Viçosa

O Projeto “Cores da Terra: Pintando o Brasil” foi introduzido no Estado do Espírito Santo em 2007 por meio de uma parceria entre o Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper e o Departamento de Solos da Universidade de Viçosa – UFV. Em 2009, o Projeto foi premiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, recebendo o Prêmio de Inovação na categoria Tecnologia Social. A técnica apresentada no projeto produz tintas de baixo custo, sustentáveis, têm uma boa diversidade de cores que valorizam a origem do material e resgatam valores culturais (INCAPER, 2014).

O projeto oferta diversas oficinas pelos estados do Brasil (Figura 10) e para facilitar o acesso sobre geotintas para todos o mesmo elaborou uma cartilha que aborda sobre o passo a passo do processo de fabricação de geotintas com adesivos à base de cola PVA ou à base de grude. Ela também apresenta testes com amostras de solo evidenciando qual solo é o mais adequado para produção da tinta, assim como a proporção ideal (obtida através de experimentação) das matérias primas. Além destes itens, ela ainda ensina como preparar a superfície para receber a geotinta e o modo de aplicação dela, tornando-se uma ferramenta completa para ensino da produção e uso das geotintas (INCAPER, 2014).

Figura 10 – Oficinas nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.



Fonte: CTAZM (2018) e SEAG (2015).

3.6.3 Projeto Solo na Escola – Universidade Federal de Campina Grande

O projeto teve início em 2011 no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido e atualmente realiza oficinas nas escolas e comunidades do Cariri paraibano (Figura 11) utilizando-se destas oficinas como metodologia para ensino de solo. Na Universidade foram criados espaços para produção de tinta de terra e desde então diversas vivências têm sido realizadas para divulgar as potencialidades do uso da terra na fabricação de tintas.

Figura 11 – Vivências do Projeto Solo na Escola da UFCG.



Fonte: CDSA (2017).

3.6.4 Oficina de Tintas Naturais – Universidade Federal do Paraná

A primeira oficina ocorreu em outubro de 2014 como o objetivo de pintar a parede dos fundos de uma sala do bloco de Arquitetura e Urbanismo, foram elaboradas 9 cores de tintas naturais, utilizando misturas de pigmentos de terra argilosa, terra arenosa, argilas coloridas, cal e o sal para acelerar a secagem da tinta (Figura 12). Percebeu-se que as tintas fabricadas com terra arenosa não apresentaram bons resultados, pois o pigmento se depositava no fundo sendo necessário estar sempre homogeneizando a tinta. Após seis meses foi necessário apenas retocar a tinta preta pois a tinta começou a desbotar para a cor cinza.

Figura 12 – Primeira oficina da Universidade Federal do Paraná.



Fonte: Faria e Schmid (2015).

A segunda oficina aconteceu em março de 2015, nesta oficina foram elaboradas 13 cores de tintas naturais, através de pigmentos de terra argilosa, cal e carvão vegetal para produção de tinta preta (Figura 13). O objetivo da oficina era pintar a parede do Centro Acadêmico de Oceanografia. Após seis meses as cores se mostraram duráveis, somente a tinta verde apresentou rachaduras em algumas áreas e isso ocorreu devido a argila verde utilizada na fabricação da geotinta ter características de argila montmorolinita, isto é, uma argila bastante expansiva.

Figura 13 – Segunda oficina da Universidade Federal do Paraná.



Fonte: Faria e Schmid (2015).

3.6.5 Estudos realizados sobre Geotintas

A pesquisa de Azevedo e Vital (2018) abordou o uso de rejeito de caulim para produção de geotintas como uma alternativa econômica e sustentável. Por meio de sua pesquisa os autores contataram que após uma semana da aplicação da geotinta a parede em estudo não apresentou descascamento, emboloramento, formação de

fissuras ou de bolhas. O trabalho de Silva, Silva e Lima (2018) buscou mostrar como desenvolver uma geotinta utilizando as cores do solo brasileiro e uma cola caseira feita de água, farinha de trigo e vinagre. Neste também foi realizado a análise do solo através de ensaios de limite de plasticidade (LP) e limite de liquidez (LL) obtendo um solo medianamente plástico de Índice de Plasticidade (IP) igual a 8.

O estudo de Cardoso et al. (2016) utilizou-se de três pigmentos de solos do município de Viçosa, Minas Gerais para produção e avaliação do desempenho da geotinta de acordo com a ABNT NBR 15079:2011. Em relação ao poder de cobertura da tinta seca (PCS) observou-se que baixas viscosidades, ou seja, uma tinta mais líquida, possui um maior poder de cobertura. Notou-se que uma tinta mais diluída distribui melhor o pigmento sobre a superfície e após a secagem da água resta menos espaços vazios na superfície pintada. A respeito do poder de cobertura de tinta úmida (PCU), constatou-se que o tamanho e a quantidade de partículas dispersas no meio determinam essa propriedade, isto é, quanto maior a superfície específica do pigmento, maior será a quantidade de partículas e consequentemente maior o poder de cobertura de tinta úmida.

3.6.6 Experiências em moradias nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba

Na Vila de Borborema (RN) a moradora pintou as paredes externas com geotinta feita com terra argilosa escura, cola branca e água (Figura 14).

Figura 14 – Paredes externas de uma casa em Borborema pintada com geotinta.



Fonte: Faria e Schmid (2015).

O muro da testada foi pintado com cal e água, segundo a moradora este muro já teve que ser repintado várias vezes em um ano por conta do desgaste provocado pela chuva, enquanto a pintura com geotinta foi retocada apenas uma vez.

Na Vila de Santa Luzia também no Rio Grande do norte outro morador pintou as paredes externas de sua casa e a testada do muro com geotinta, mas dessa vez a mesma apresentava pigmento de cor clara. Segundo o morador as varandas localizadas na frente de sua casa garantiram três anos de pintura sem ser necessário repintar, porém a testada do muro devido à ação do intemperismo foi preciso repintar duas vezes ao longo desses três anos (Figura 15). Por fim, em Barra de Santa Rosa na Paraíba, foram encontradas algumas casas feitas de pau-a-pique pintadas com geotintas produzidas com argila vermelha, água e goma de cacto (Figura 16).

Figura 15 – Paredes externas e testada do muro pintadas com geotinta.



Fonte: Faria e Schmid (2015).

Figura 16 – Casa de pau-a-pique pintada com geotinta em Barra de Santa Rosa.



Fonte: Faria e Schmid (2015).

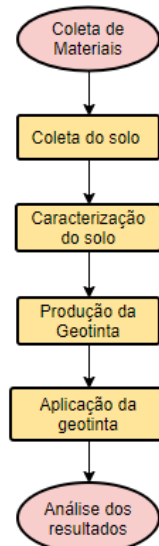
Segundo a moradora a tinta aderiu bem à superfície por conta de a casa ser construída com essa técnica vermicular e a geotinta já tinha durabilidade de 2 anos e 3 meses no momento da visita, devido à escassez de chuvas da região (FARIA; SCHMID, 2015).

4 METODOLOGIA

A metodologia descreve os procedimentos de coleta e análise dos dados e os materiais que levam à obtenção dos resultados (MOTTA-ROTH; HENDGES; 2010).

O método de pesquisa utilizado é o qualitativo, apoiando-se em técnicas de coleta de dados, também quantitativas. De acordo com Neves (1996, p.01), a pesquisa qualitativa não busca enumerar ou medir eventos. Ela serve para obter dados descritivos que expressam os sentidos dos fenômenos. A Figura 17 logo abaixo resume o processo metodológico da pesquisa.

Figura 17 – Fluxograma metodológico da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2015).

Em relação aos procedimentos, a pesquisa utilizou-se de artigos, apostilas, monografias, dissertações de mestrado. No primeiro momento, foi feita a coleta de dados, e, por conseguinte estes foram analisados e expostos nesse trabalho, de forma a possibilitar um maior esclarecimento e entendimento do assunto em questão. Em seguida, buscou-se separar o estudo em três etapas.

Na primeira etapa objetivou-se caracterizar o solo utilizado como pigmento para fabricação da tinta através de ensaios. A segunda etapa se pautou na produção da geotinta evidenciando a dosagem utilizada no experimento e os passos para a fabricação, nesta etapa optou-se pela produção de duas geotintas distinguindo-se apenas quanto a granulometria do pigmento, em que o pigmento (L) foi peneirado na

peneira de malha 100 e o segundo pigmento intitulado (C) foi peneirado em uma peneira comum com abertura da malha de 1 cm.

Por fim, na terceira etapa procurou-se aplicar a geotinta sobre dois substratos distintos, um com aplicação de tinta à base de cal e o outro apenas com revestimento em argamassa, para que dessa forma fosse avaliado aspectos como trabalhabilidade, formação de bolhas, escorrimento, uniformidade da cor e durabilidade da geotinta frente à exposição continuada.

Embora haja procedimentos normatizados para a avaliação de desempenho das tintas industriais, neste trabalho foram realizadas avaliações simplificadas e sem procedimento, visando assim, uma maior exequibilidade à nível local.

Desta maneira, os parâmetros trabalhabilidade, formação de bolhas e uniformidade da cor foram avaliados durante a fabricação e aplicação da geotinta, eles foram analisados e caracterizados de forma subjetiva. Quanto a durabilidade, a tinta foi analisada durante um período de 60 dias observando se havia alguma mudança no aspecto visual de ambas as geotintas.

4.1 Primeira Etapa – Caracterização do solo

Diversos ensaios podem ser feitos a fim de obter a caracterização do solo, porém para este trabalho serão realizados os ensaios de granulometria, limites de plasticidade, limites de liquidez e os inerentes aos índices físicos do solo, como massa específica através do frasco de Chapman. Vale salientar que a preparação da amostra para todos os ensaios descritos se baseou na NBR ABNT 6457/86 (Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização).

4.1.1 Ensaio de granulometria (Peneiramento)

Segundo Pinto (2006) no solo estão presentes partículas de diversos tamanhos e para o reconhecimento destes tamanhos, realiza-se a análise granulométrica, que pode ser por peneiramento ou sedimentação. Neste estudo será utilizado o método por peneiramento, onde relaciona-se a porcentagem que passa com o diâmetro dos grãos, esta última representada graficamente, em escala logarítmica.. O ensaio foi baseado na NBR 7217/1987 Agregados – determinação da composição granulométrica. A figura 18 evidencia a amostra de solo para tal ensaio.

Figura 18 – Amostra representativa para o ensaio de granulometria.



Fonte: Acervo do autor (2019).

4.1.2 Ensaio de limite de plasticidade e limite de liquidez

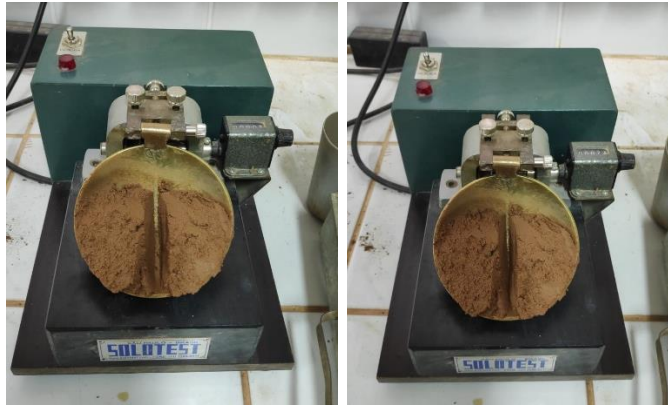
Em conformidade com Pinto (2006) o ensaio de limite de plasticidade consiste em determinar o menor teor de umidade em que se consegue moldar (rolando com a palma da mão) um cilindro com 3 mm de diâmetro. Esse ensaio é normatizado pela NBR 7180/2016 (Solo – Determinação do limite de plasticidade). Já o ensaio de limite de liquidez é definido como o teor de umidade do solo capaz de fechar uma ranhura com a aplicação de 25 golpes. Para tanto, são realizadas diversas tentativas com o solo em diferentes umidades e obtêm-se o limite de liquidez pela interpolação dos resultados. O ensaio é normatizado pela ABNT NBR 6459/1984 (Solo – Determinação do Limite de Liquidez). As Figuras 19 e 20 retratam a execução de tais ensaios.

Figura 19 – Realização do ensaio de limite de plasticidade.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Figura 20 – Realização do ensaio de limite de liquidez.



Fonte: Acervo do autor (2019).

4.1.3 Índices físicos

No solo há a existência de três fases distintas, são elas: partículas sólidas, água e ar. As inúmeras propriedades de um solo dependem do estado em que ele se encontra e para determinação desse estado são utilizados índices físicos que relacionam os pesos e volumes das três fases. Entre os índices físicos se destacam: a umidade higroscópica, o índice de vazios, a porosidade, o grau de saturação, o peso específico dos sólidos, o peso específico da água, o peso específico natural, o peso específico aparente seco ou saturado e o peso específico submerso (PINTO, 2006). Porém para fins do trabalho será abordado somente o ensaio para determinação do peso específico dos sólidos. Vale salientar que os termos massa específica e peso específico se equivalem, com a diferença que o peso é obtido multiplicando-se a massa pela aceleração da gravidade.

A determinação da massa específica do solo baseou-se na NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica frasco de Chapman, para tanto utilizou-se a peneira de 4,75 mm para separar os solos finos dos solos grossos e em seguida secou-se em estufa a 110°C por 24 horas. Após a secagem, iniciou-se o preparo do frasco com a quantidade de 200 cm³ de água e pesou-se 500 gramas de material para adicionar ao frasco e verificar o volume deslocado de água (Figura 21). Então, com o valor do volume deslocado calculou-se a massa específica da amostra pela seguinte equação:

$$\delta = \frac{500}{L - 200}$$

Em que:

δ é a massa específica do solo, em g/cm³;

L é a leitura final do frasco (volume ocupado pela água + solo), em cm³.

Figura 21 – Realização do ensaio de frasco de Chapman.



Fonte: Acervo do autor (2019).

4.1.4 Classificação do solo

Conforme Das (2007), o objetivo da classificação dos solos é poder aferir o possível comportamento do solo para que seja feita uma análise mais adequada de um problema. Portanto, se faz necessário que ao se falar o tipo de solo, essa denominação seja entendida por todos, para tanto criou-se os sistemas de Classificação Unificado e Rodoviário dos solos. Por serem semelhantes, para fins deste trabalho, o solo será classificado usando somente o Sistema Unificado.

O Sistema Unificado de Classificação dos Solos foi elaborado inicialmente por Casagrande para obras em aeroportos, nele todos os solos são identificados por duas letras, a primeira letra representa o tipo principal de solo, ou seja, se é areia, cascalho, argila e etc., enquanto que a segunda letra indica a dados complementares do solo como à exemplo sua graduação ou compressibilidade (PINTO, 2006). A Figura 22 apresenta o explicitado acima.

Figura 22 – Representação dos solos no Sistema Unificado.

G	pedregulho	W	bem graduado
S	areia	P	mal graduado
M	silte	H	alta compressibilidade
C	argila	L	baixa compressibilidade
O	solo orgânico		

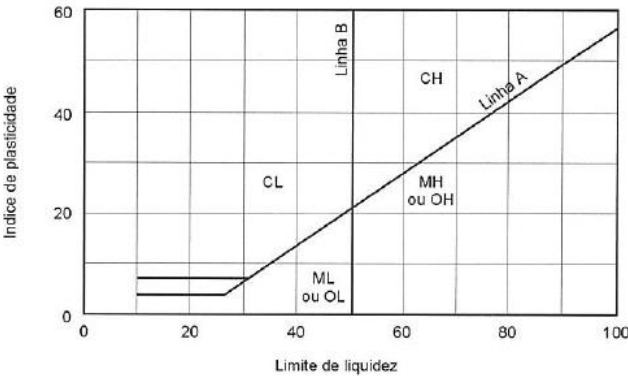
Fonte: Adaptado de Pinto (2006).

Esse sistema se utiliza da composição granulométrica e dos índices de consistência, e para se obter a classificação conforme Pinto (2006).

Primeiro é preciso determinar a característica primária do solo (percentual de finos presentes, ou seja, passantes na peneira #200) para verificar se é argila, silte, areia ou pedregulho. Em seguida, a característica secundária, isto é, a graduação do solo ou à compressibilidade dele, em alguns casos têm-se essas duas características.

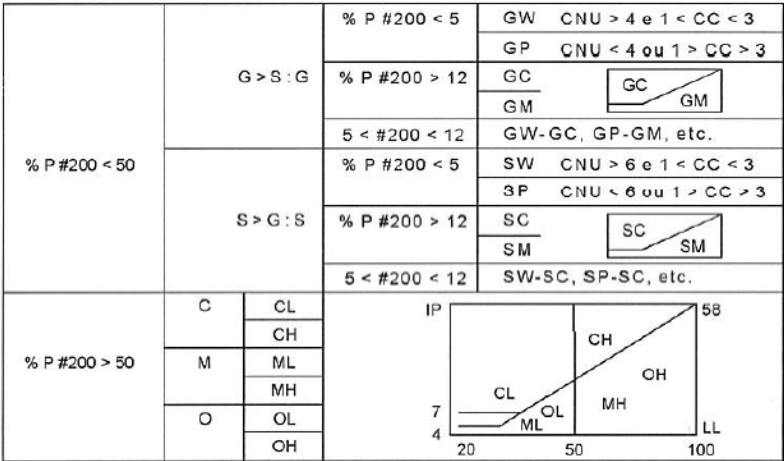
A Figura 23 mostra a carta de plasticidade para verificação da compressibilidade em solos finos (solos siltosos ou argilosos). em que há uma reta (linha A) de equação ($IP = 0,73 (LL - 20)$) separando o gráfico em dois lados.

Figura 23 – Carta de Plasticidade de Casagrande.



Fonte: Pinto (2006).

Figura 24 – Esquema para a classificação do solo pelo Sistema Unificado.



Fonte: Pinto (2006).

4.2 Segunda Etapa – Fabricação da Geotinta

Como citado anteriormente o método de fabricação da geotinta foi baseado na Cartilha Cores da Terra escrita por Carvalho no ano de 2009 que aborda a fabricação de dois tipos de geotintas, uma contendo como adesivo a cola branca e a outra contendo como material adesivo o grude, porém neste trabalho será abordado somente a respeito do primeiro tipo de fabricação.

O primeiro passo para a fabricação foi a coleta de solo e a preparação dele. Para a coleta, buscou-se um solo que apresentasse uma coloração mais forte a fim de que a tinta obtivesse a tonalidade do solo, diante disso, o solo foi encontrado ao longo da RN 177, no caminho para a Ufersa campus Pau dos Ferros (Figura 25).

Figura 25 – Local de coleta do solo.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Para a preparação, o solo foi destorroado com auxílio de um pilão. Em seguida foi separado em duas porções. A amostra C foi peneirada com uma peneira comum encontrada em casa com abertura da malha de 10 mm (Figura 26) e a amostra L foi peneirada na peneira de malha #100 (abertura de 0,15mm).

Figura 26 – Peneira comum.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Por conseguinte, separou-se os materiais a serem utilizados nas proporções de 2:2:1 (terra: água: cola). Para a fabricação da geotinta foram utilizadas as proporções de 200 g de solo, 200 mL de água e 100 g de cola branca.

Figura 27 – Materiais utilizados na fabricação.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Por fim, misturou-se os três materiais e a partir do momento da mistura já se pode fazer a aplicação da tinta. Salienta-se que foram produzidas duas geotintas, a geotinta C (Figura 28) foi produzida com a amostra de solo C e geotinta L (Figura 29) com a amostra de solo L.

Figura 28 – Geotinta C.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Figura 29 – Geotinta L.

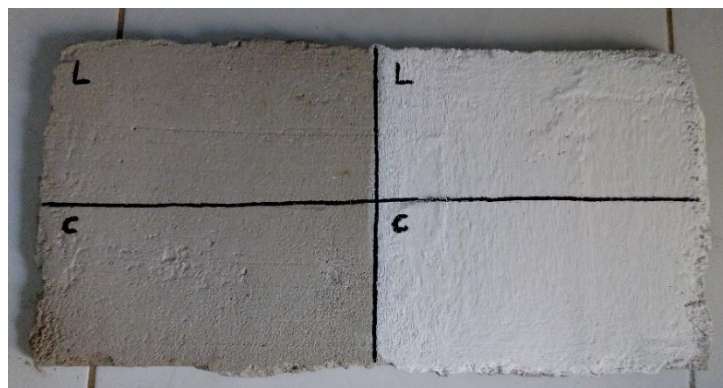


Fonte: Acervo do autor (2019).

4.3 Terceira Etapa – Aplicação da Geotinta

O primeiro passo para essa etapa foi a confecção da superfície que irá receber a geotinta. Para tal, utilizou-se uma cerâmica e sobre ela foi aplicada um revestimento de argamassa a fim de simular uma parede. Dividiu-se a parede em quatro partes (Figura 30), sendo as de cima nomeadas de L onde será aplicada a geotinta correspondente e as duas partes de baixo de C. A fim de verificar também a aplicação da geotinta em distintas superfícies buscou-se aplicar uma mistura de supercal e água, bastante utilizada como pintura em casas.

Figura 30 – Superfícies de aplicação.

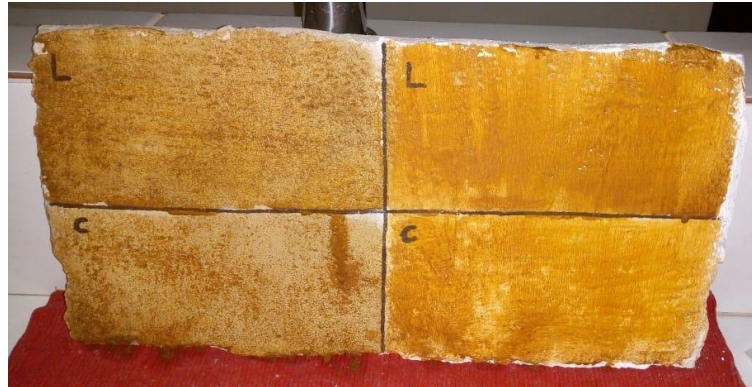


Fonte: Acervo do autor (2019).

Após confeccionada a parede e produzida a geotinta, aplicou-se a primeira demão com auxílio de um pincel, começando sempre de baixo para cima conforme visto em algumas literaturas. Ao todo foram realizadas três demãos (Figuras 31, 32 e

33) e o tempo entre a secagem e próxima aplicação foi de 3 horas. Durante a execução das demãos foram avaliados todos os parâmetros exceto durabilidade, que como foi explicado, necessitava de uma exposição por um período de 60 dias.

Figura 31 – Primeira demão das geotintas C e L, respectivamente.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Figura 32 – Segunda demão das geotintas C e L, respectivamente.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Figura 33 – Terceira demão das geotintas C e L, respectivamente.



Fonte: Acervo do autor (2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados da classificação do solo e a avaliação dos parâmetros estipulados nos objetivos.

5.1 Ensaios para a classificação do solo

Conforme foi explicado na metodologia foram realizados os seguintes ensaios: granulometria do solo, limites de plasticidade de liquidez e frasco de Chapman.

5.1.1 Ensaio de granulometria

Os resultados obtidos no ensaio de granulometria são expressos na Tabela 1 e Gráfico 1.

Tabela 1 – Ensaio de Granulometria.

Amostra Total Seca		Umidade Higroscópica				Resumo da Granulometria	
Amostra Total Úmida (g)	1000,00	Cap.	G5-01	4	G6-02	Pedregulho (>2,0mm)	11,65%
Retido Acum. N°10 (g)	116,50	P.Cap.	17,4	17,7	18,4	Areia Grossa (0,6 - 2mm)	37,84%
Passado N° 10 Úmida (g)	883,50	PBU	45,10	59,30	73,40	Areia Média (0,2 - 0,6mm)	31,35%
Peso da Água	20,08	PBS	44,50	58,50	71,90	Areia Fina (0,06 - 0,2mm)	13,93%
Passado N° 10 Seca	863,42	w	2,21%	1,96%	2,80%	Silte (0,002- 0,06mm)	-
Amostra Total Seca	979,92	Wmed	2,33%			Argila (<0,002mm)	-

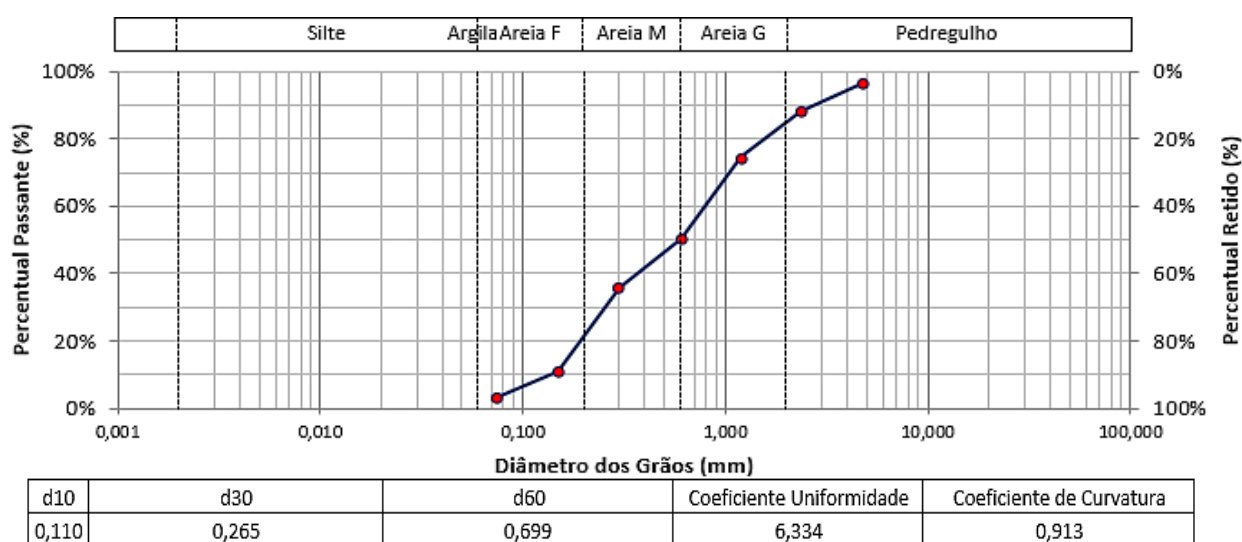
Peneiramento da Amostra Total					
Peneira	Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Percentual Retido	Percentual Retido Acumulado	Percentual que Passa
N° 4	4,80	36,90	3,69%	3,69%	96,31%
N° 8	2,36	79,60	7,96%	11,65%	88,35%

Peneiramento da Amostra Parcial			
Peso Amostra Parcial Úmida (g):	883,50	Amostra Parcial Seca (g):	863,42

Peneira	Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Percentual Retido	Percentual Retido Acumulado	Percentual que Passa Total
16	1,200	136,10	15,76%	15,76%	74,42%
30	0,600	233,70	27,07%	42,83%	50,51%
50	0,300	144,50	16,74%	59,57%	35,72%
100	0,150	242,80	28,12%	87,69%	10,88%
200	0,074	76,50	8,86%	96,55%	3,05%
FUNDO		29,8	3,45%	100,00%	0,00%

Fonte: Acervo do autor (2019).

Gráfico 1 – Curva granulométrica.



Fonte: Acervo do autor (2019).

O solo apresenta faixa granulométrica predominantemente arenosa com 83,12% e pouquíssima porcentagem de finos presentes na composição do mesmo, apesar de visualmente assemelhar-se com um solo argiloso por conta de sua coloração avermelhada. De acordo com a Tabela 1, é possível perceber que apenas 3,05% de material passa na peneira nº 200 (0,075mm) peneira que separa os solos de granulometria grossa dos solos de granulometria fina.

5.1.2 Ensaio de limite e plasticidade e limite de liquidez

Os resultados obtidos no ensaio de limite de plasticidade são expostos na Tabela 2 a seguir. O ensaio de limite de liquidez foi realizado pelo técnico do laboratório de solos do campus Mossoró.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de Limite de Plasticidade.

Limite de Plasticidade			
Cápsula	C1	G5-03	7
Peso da Cápsula	17,9	18,1	17,3
Peso Bruto Úmido	24,6	24,7	24,7
Peso Bruto Seco	23,50	23,60	23,50
Umidade	19,64%	20,00%	19,35%
Resultado LP	20 %		

Fonte: Acervo do autor (2019).

Para o ensaio de limite de liquidez o solo obteve um valor de teor de umidade de 15%. Assim, como o teor de umidade de limite de plasticidade foi superior ao do limite de liquidez o solo é classificado com não plástico (IP=0).

5.1.3 Ensaio de frasco de Chapman

De acordo com o apresentado na Figura 21, verificou-se o valor de 405 cm³ na leitura final do frasco de Chapman, assim pela equação temos que a massa específica do solo analisado é igual a:

$$\delta = \frac{500}{405 - 200} = 2,44 \text{ g/cm}^3$$

O estudo de Valenciano e Freire (2004) encontrou resultados de massa específica de 2,63 g/cm³ e 2,88 g/cm³ para os solos arenosos e argilosos, nessa ordem. Já o estudo de Bastos et al. (2008) encontrou valor de 2,68 g/cm³ para o solo com maior fração arenosa. Outro estudo que também caracterizou a massa específica de solos foi o de Milani e Freire (2006) obtendo valores de 2,67g/cm³ e 3,06g/cm³ para solos arenosos e argilosos, respectivamente.

Logo, através da comparação com os estudos acima pode-se inferir que o solo em estudo é um solo arenoso, pois possui valores mais próximos aos valores de massa específica para solos arenosos do que para solos argilosos.

5.1.4 Classificação do solo

De acordo com esse sistema unificado, o solo em estudo é classificado como areia bem graduada (SW). Pois, apresentou porcentagem passantes na peneira #200 de 3,05% que é menor que 50%. Ao se observar a curva granulométrica, nota-se um maior percentual de areia presente nesse solo. Logo, verifica-se se a mesma é bem ou má graduada através do CNU, para o solo em questão CNU apresentou valor maior que 6 o que caracteriza um solo bem graduado.

Apesar que o solo ser classificado como arenoso e o percentual de finos ter sido pequeno, há a presença de uma argila ativa na composição desse solo, visto que se conseguiu realizar o ensaio de limite de plasticidade. Tal composição pode ser explicada segundo a Funceme (2008) devido as características dos solos da região, em que se tem predominância dos solos podzólicos vermelho-amarelo eutróficos, que são argilosolos de textura arenosa média com argila de baixa atividade.

5.2 Avaliação das geotintas produzidas

5.2.1 Trabalhabilidade

A geotinta C demonstrou menor trabalhabilidade que a L na hora da aplicação, pois possuía uma consistência mais líquida tanto em relação a geotinta L como em relação a tinta comum. Devido a isso a aplicação tornou-se mais difícil de ser executada, visto que necessitava de um maior cuidado para que a tinta não respingasse no chão e muito menos escorresse ao longo da parede. Uma provável forma de mitigar ou diminuir o problema da liquidez excessiva seja alterar a proporção de materiais para 2:1,5:1, diminuindo assim a quantidade de solvente em excesso nessa amostra. Outro fato relevante a mencionar é que por conta de a amostra C possuir granulometria maior que o da amostra L o pigmento dessa tinta decantava no fundo do recipiente muito rapidamente, necessitando assim que houvesse uma mistura da tinta sempre que fosse feita uma nova aplicação. Em contrapartida a amostra L não apresentou esse problema de forma tão acentuada, não sendo preciso misturar a tinta sempre que fosse feita a aplicação.

5.2.2 Rendimento de produção e poder de cobertura

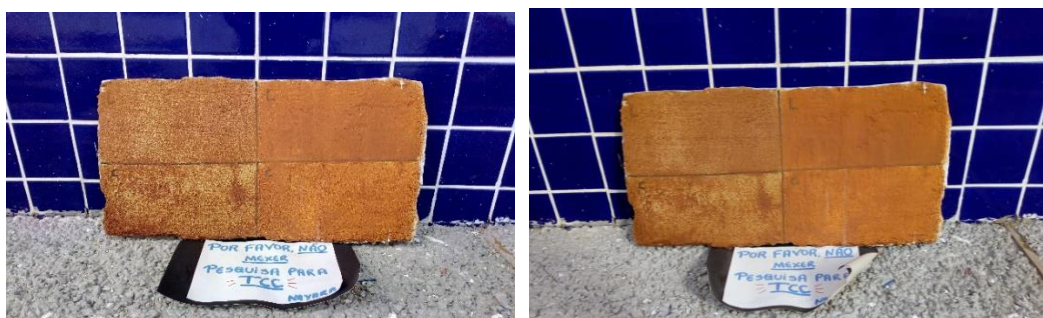
Inicialmente ressalta-se que o rendimento em poder de cobertura de cada tinta produzida não foi levado em consideração na análise. Para ambas as geotintas foi produzida aproximadamente 400 mL de tinta seguindo a proporção indicada no item 4. Verificou-se que por conta da amostra L possuir uma granulometria menor e superfície específica maior que a da amostra C, ela apresentou um maior poder de cobertura e com isso, seu rendimento se mostrou superior ao da geotinta C, sendo necessário apenas duas demãos para se chegar a um bom resultado (Figura 30), enquanto que para a outra, mesmo a aplicação de três demãos (Figura 31) não foram suficientes para cobrir toda a superfície do substrato.

Com relação a esse resultado, o estudo de Cardoso et al. (2016) constatou que o tamanho e a quantidade de partículas dispersas no meio determinam o poder de cobertura da tinta, isto é, quanto maior a superfície específica do pigmento, maior será a quantidade de partículas e consequentemente maior o poder de cobertura.

5.2.3 Durabilidade

Não houve alteração de cor ou aspecto da geotinta após a exposição contínua ao sol durante um período de 60 dias (Figura 34). Tal resultado já era esperado visto que conforme relatado neste trabalho no tópico a respeito das experiências com geotinta em fachadas externas de moradias do Rio Grande do Norte e Paraíba a tinta com menor grau de durabilidade precisou ser retocada uma vez em um ano e a maior durabilidade relatada foi um período superior a dois anos.

Figura 34 – Geotintas no primeiro dia e após 60 dias de exposição, nessa ordem.

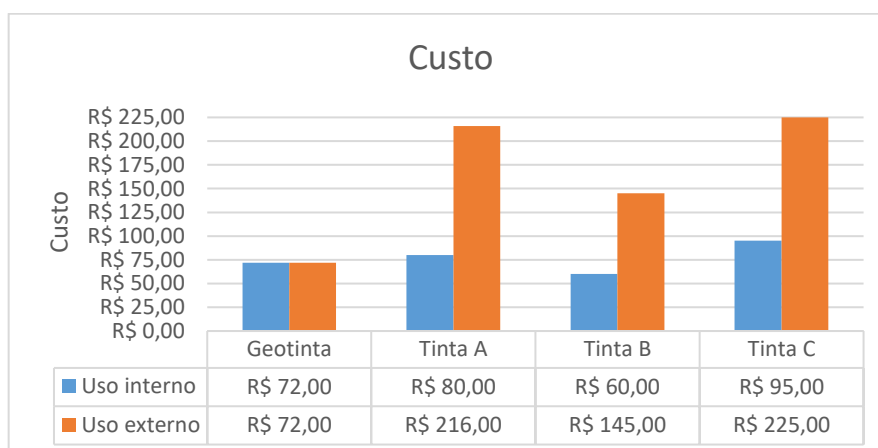


Fonte: Acervo do autor (2019).

5.2.4 Custo

A maior despesa para produção da tinta encontra-se na peneira de malha #100 e na cola branca. A malha de 1m² para produção da peneira custa em torno de R\$ 100,00, que é uma despesa superior a que se tem com a compra de tinta convencional, porém para quem deseja trabalhar com isso torna-se insignificante. Em relação ao material adesivo, este apresenta-se como uma despesa considerável, pois na cidade de Pau dos Ferros-RN 500 gramas de cola branca custa R\$ 8,00. Se para 100 g de cola produziu-se 400 mL de geotinta, para 18 L de geotinta será efetuado um gasto de R\$ 72,00 para a compra de 4,5 kg de cola. O gráfico 2 mostra o comparativo do valor da geotinta e as tintas látex locais para uso interno e externo.

Gráfico 2 – Comparação dos valores da geotinta com as tintas látex locais de 18L.



Fonte: Acervo do autor (2019).

5.2.5 Formação de bolhas

Não houve formação de bolhas em ambas as geotintas durante a aplicação. Tal resultado condiz com os obtidos no estudo de Azevedo e Vital (2018) em que através de análises da parede pintada com geotinta durante uma semana, verificou-se que a mesma não apresentou tal problema.

5.2.6 Uniformidade

As geotintas apresentaram cor uniforme, contudo a amostra C por ser obtida por uma peneira com abertura maior apresentou partículas de coloração preta junto

ao solo que podem ser partículas de material orgânico ou impurezas presentes no solo, tais partículas também apareceram na tinta.

5.2.7 Escorrimento

A geotinta C apresentou um maior escorrimento, pois possuía partículas maiores que não se uniram totalmente ao adesivo além também do motivo já mencionado acima, a liquidez excessiva. A geotinta L apresentou escorrimento menor que a C. É provável que tal escorrimento seja mitigado ao reduzir a proporção de água da mistura, tornando-a menos líquida.

O quadro a seguir traz um resumo comparativo dos parâmetros analisados nas duas amostras de tinta.

Quadro 2 – Resumo dos parâmetros das geotintas C e L.

Geotinta	Trabalhabilidade	Rendimento	Durabilidade	Formação de bolhas	Uniformidade	Escorrimento
C	Menor	Menor	Sem alteração	Ausente	Menor	Maior
L	Maior	Maior	Sem alteração	Ausente	Maior	Menor

Fonte: Acervo do autor (2019).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme foi visto, os seres humanos passam grande parte de seu tempo em locais em que há grande concentrações de COV's, substâncias nocivas à saúde que se encontram presentes geralmente em tintas. As geotintas por sua vez são livres dessas substâncias, são também atóxicas, inodoras e apresentam cores resistentes que não desbotam facilmente, possibilitando sua aplicação em áreas tanto externas como internas dos edifícios residenciais.

Este trabalho se centrou em verificar a potencialidade de um solo da cidade de Pau dos Ferros, para tanto, foi efetuada a caracterização do solo através de ensaios específicos e a fabricação da geotinta segundo a literatura. Também foi possível analisar através de experimentação a durabilidade da cor, a trabalhabilidade e rendimento da tinta, dentre outros aspectos.

Através dos resultados obtidos verificou-se que o solo é do tipo arenoso bem graduado pois no ensaio de granulometria a amostra de solo apresentou-se dentro da faixa das areias. Tal solo apesar de se assemelhar com a argila, possui frações desta em sua composição que tem baixa atividade.

Em relação as geotintas foi possível verificar que no parâmetro trabalhabilidade a geotinta L apresentou maior desempenho por conta de sua consistência e menor granulometria o que lhe permitiu não decantar material no fundo. Quanto ao parâmetro rendimento de produção foi visto que a ambas as geotintas produziram cerca de 400 mL de tinta e quanto ao poder de cobertura verificou-se que a geotinta L mostrou um maior poder de cobertura, isso se justifica devido a mesma ter superfície específica maior por conta da abertura da peneira de malha 100, e portanto, conseguir preencher de maneira mais eficaz os espaços vazios do substrato. Com relação a durabilidade, ambos os tipos de tinta apresentaram resultados satisfatório não ocorrendo mudança em seu aspecto visual ao longo de 60 dias.

No que diz respeito ao custo, é notório que para aplicação interna a geotinta possui um custo competitivo com as marcas de tinta industriais, porém quando se trata de aplicação externa têm-se uma grande disparidade entre o custo da geotinta e o custo da tinta industrial, favorecendo a escolha da tinta natural. No que se refere à formação de bolhas não houve tal problema em ambos os produtos. Quanto à uniformidade percebeu-se que a geotinta C apresentou pigmentos e coloração preta devido a abertura da peneira caseira possibilitar a passagem de impurezas para a

geotinta. Por fim, no que diz respeito ao escoamento verificou-se que a geotinta C apresentou maiores problemas pois por ser mais líquida que a geotinta L necessitava de um cuidado maior quanto ao escoamento. Logo, conclui-se que ambas as tintas apresentaram bons resultados para quando se deseja utilizar sem fins lucrativos, mas que entre as duas, a geotinta L se sobressaiu, mesmo sendo fabricada com a mesma proporção de materiais, devido sua granulometria ser menor que a C.

Uma das limitações do trabalho foi a ausência de resultados mais objetivos da avaliação das tintas, através de ensaios específicos determinados nas referências normativas, como à exemplo o ensaio de resistência ao intemperismo acelerado. Uma sugestão para trabalhos futuros seria avaliar a geotinta através desse ensaio específico citado e também a produção da geotinta utilizando uma cola caseira.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, D. **Curso de tintas a partir de pigmentos minerais**. Fundação IBI – Tecnologias Alternativas. Belo Horizonte, MG. 2006.
- ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- ANTUNES, W. L.; CUSTODIO, R. R.; ROSA, J. L. S.. **Avaliação do Processo de Produção de Tintas à Base de Solos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, (1987).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Agregados – determinação da massa específica frasco de Chapman. Rio de Janeiro, (1987).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, (1986).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, (1995).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, (1984).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, (2016).
- AZEVEDO, G. H. de.; VITAL, A. F. M.. Aproveitamento do rejeito das indústrias de beneficiamento do caulim para a produção de tinta ecológica à base de terra. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 15, n. 3, 2018.

BASTOS, C. A. B. ; SCHMITT, Leonardo Andres ; VASCONCELOS, Silvana Macêdo de ; RABASSA, Camila Mendonça ; SOUZA, E. W. . Propriedades geotécnicas de um solo arenoso fino laterítico de barreira litorânea na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. **Teoria e Prática na Engenharia Civil (Online)** , v. 12, p. 59-67, 2008.

BERMOND, Jhon. **Apostila intuitiva de pigmentos naturais**. [S.l]: Biblioteca, 2017. Disponível em: <<http://www.mattricaria.com.br/biblioteca/>>. Acesso em: 25 nov 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) **Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. **A Qualidade do ar de interiores e a química**. Revista Química Nova. ed. 22. LADETEC - Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

CAPECHE, C. L. Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies. (Documentos / Embrapa Solos). Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2010. 60 p.

CARDOSO, F. P. ; ALVARENGA, R. C. S. S. ; CARVALHO, A. F. ; FONTES, M. P. F.. Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. **AMBIENTE CONSTRUÍDO (ONLINE)**, v. 16, n.4, p. 167-183, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/53633>>. Acesso em: 26 jan 2019.

CARVALHO, A. F. de; HONÓRIO, L.M.; ALMEIDA, M. R. de; SANTOS, P. C. dos; QUIRINO, P. E. **Cores da Terra. Fazendo tinta com terra**. Viçosa: UFV, 2007. 14 p.

CARVALHO, A. F. de; HONÓRIO, L. M.; ALMEIDA, M. R. de; SANTOS, P. C. dos; QUIRINO, P. E.. **Cores da Terra: fazendo tinta com terra**. 2. ed. Viçosa: UFV/DPS; 2009.

CDSA – Centro de Desenvolvidos Sustentável do Semiárido. **Projeto Solo na Escola realiza atividades com alunos da Escola de Brejinho – PE.** 2017. Disponível em: < <http://www.cdsa.ufcg.edu.br/cdsa/categorias/550-projeto-solo-na-escola-realiza-atividades-com-alunos-de-escola-de-brejinho-pe.html>>. Acesso em: 02 dez 2018.

CTAZM – Centro de Tecnologias Alternativas Zona da Mata. **Oficina “Cores da Terra” na comunidade de São Pedro de Cima em Divino (MG).** Disponível em: <https://ctazm.org.br/noticias/oficina-cores-da-terra-na-comunidade-de-sao-pedro-de-cima-em-divino-mg583?fbclid=IwAR0KWuEj_o7RMQ0pLBw5Vx8xuf05YhhDnrzzwrj7_7MkuCFwCM2NXexB5uQ>. Acesso em: 02 dez 2018.

DAS, Braja M.. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** São Paulo: Thomson, 2007.

FARIA, F. C.; SCHMID, A. L.. **Avaliação do comportamento de tintas naturais para construção civil frente ao intemperismo através de ensaio de envelhecimento acelerado.** 2015. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

FUNCEME. Governo do Estado do Ceará. **Podzólicos Vermelho-Amarelo Eutrófico.** Disponível em: <<http://www.funceme.br:8082/funceme/categoria1/meio-ambiente-1/solos-1/solos-1/podzolicos-vermelho-amarelo-eutroficos>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Cores da Terra: Pintando o Brasil.** Vitória, ES : Incaper, 2014. 16 p. - (Incaper. Documentos, 233)

INSTITUTO ECO DESENVOLVIMENTO - IEcoD. **Tintas Naturais.** 2012. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/agosto/ecod-basico-tintas-naturais#ixzz2Nv9cAyAb>>. Acesso em: 16 nov 2018.

MANUAL DO MUNDO. **Pinte sua parede com tinta de terra.** 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jmoZMFZHPhQ>>. Acesso em: 16 nov 2018.

MILANI, A. P. S.; FREIRE, W. J.. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e casca de arroz. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 1-10, jan/abr. 2006.

MOTTA-ROTH, D.; HENDGES, G. R.. **Produção textual na universidade**. São Paulo: Parábola, 2010.

MUNDO EDUCAÇÃO. **William Perkin**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/william-perkin.htm>>. Acesso em: 26 nov 2018.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, uso e possibilidades. **Cadernos de pesquisa em administração**, São Paulo. V. 1, nº 3, 2ºsem. 1996.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos**: em 16 aulas. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p

SEAG – Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Cores da Terra abarca oportunidade e sustentabilidade**. Disponível em:<<https://seag.es.gov.br/cores-da-terra-abarca-oportunidade-e-sustenta>>. Acesso em: 02 dez 2018.

SILVA, Mayara Francisca dos Santos; SILVA, Érika Paula Lopes da; LIMA, Sandovânio Ferreira de. Tinta Ecológica. **Cadernos de Graduação ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v.4, n.3, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/5571>>. Acesso em: 26 jan 2019.

UEMOTO, K. L. **Pintura a base de cal**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Associação Brasileira dos Produtores de Cal – ABPC. São Paulo, 1993.

VALENCIANO, M. C. M.; FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas do bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.484-492, 2004.

VITAL, A. F. M.; CAVALCANTE, F. L.; BARBOSA, I. S.; OLIVEIRA, D. S.; FEITOSA, J. F. F.; SANTOS, R. V.. **Tons da terra e o uso da geotinta para popularizar a ciência do solo**. Solos estudo e aplicações. 1ed. Campina Grande PB: EPGRAF, 2018, v. 1, p. 105-116.

ZILLI, M. C. **Manual construindo arte: um apoio para o desenvolvimento de sua atividade**. Projeto comunitário realizado pela PUC-PR. v. 1. ed. 1. 2008.