



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Graciliano Mário Rodrigues da Nóbrega

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL
INCORPORADO NO CONCRETO: FÁBRICA DE TINTAS EM PALMAS-TO

Palmas – TO

2019

Graciliano Mário Rodrigues da Nóbrega
ESTUDO DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL
INCORPORADO NO CONCRETO: FÁBRICA DE TINTAS EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2 elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2019

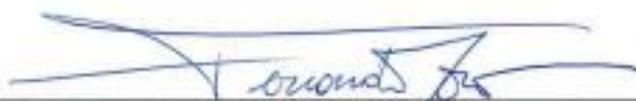
Graciliano Mário Rodrigues da Nóbrega
ESTUDO DO APROVEITAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL
INCORPORADO NO CONCRETO: FÁBRICA DE TINTAS EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2 elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior.

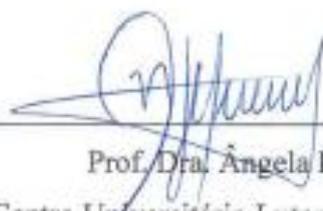
Aprovado em: 33 / 05 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e. Roldão Pimentel de Araújo Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO
2019

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por ter me concedido chegar até aqui, vencendo obstáculos e obtendo êxito no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a toda minha família, em especial aos meus pais, Mauro e Jane, e a minha irmã Calina, que nunca mediram esforços para me apoiar e incentivar nesse período de faculdade me dando força para não desistir. À minha namorada Renata que com sua serenidade, amor e companheirismo, se manteve assente ao meu lado sempre me apoiando.

Vocês foram a minha maior fortaleza nesses longos anos.

Enfim, agradeço ao meu orientador, Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Júnior, por todo esse período de aprendizagem acadêmica e profissional, e acima de tudo pela estima e companheirismo construídos ao longo desta jornada.

RESUMO

RODRIGUES DA NÓBREGA, Graciliano Mário. **Estudo do Aproveitamento do Resíduo Sólido Industrial Incorporado no Concreto: Fábrica De Tintas em Palmas-To.** 2019. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Este trabalho consiste em analisar o concreto convencional com substituição do agregado natural por resíduo proveniente do processo industrial de fabricação de tintas a base de água, verificando a sua influência nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido. A pesquisa verificou, através de testes laboratoriais, as propriedades físicas e mecânicas dos produtos finais encontrados a partir de diversos traços testados em concretos à partir de um traço de referência com relação água/aglomerante 0.52, com 3%, 5% e 7% de resíduo de tinta em substituição ao agregado graúdo. Depois de verificado o desempenho, os resultados foram submetidos a uma comparação, a fim de colocar em prova o produto alternativo frente aos métodos convencionais de produção de concretos. Os resultados obtidos demonstram que o uso deste material como substituição parcial do agregado natural resultou em uma pequena redução nas resistências mecânicas, mas em intervalos aceitáveis. Com isso, conclui-se que o resíduo analisado nesta pesquisa apresentou um potencial promissor para realização de pesquisas futuras e de aplicação na construção civil. Foi realizado ensaio de consistência do concreto no estado fresco, determinado pelo método de abatimento do tronco de cone (Slump Test), e no estado endurecido ensaios de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e de absorção de água.

Palavras chave: Concreto Convencional, Resíduo Industrial, Tinta

ABSTRACT

RODRIGUES DA NÓBREGA, Graciliano Mário. **Study of the Utilization of Industrial Solid Waste Incorporated in the Concrete: Paints Factory in Palmas-To.** 2019. 60 f. Course Completion Work (Graduation) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2019.

This work consists of analyzing the conventional concrete with substitution of the natural aggregate by waste from the industrial process of manufacturing water-based paints, verifying its influence on the properties of concrete in the fresh and hardened state. The research verified, through laboratory tests, the physical and mechanical properties of the final products found from various concrete traits tested from a reference trace with a water/binder ratio of 0.52, with 3%, 5% and 7% of paint residue replacing coarse aggregate. After verifying the performance, the results were subjected to a comparison in order to test the alternative product against the conventional methods of concrete production. The results obtained show that the use of this material as a partial replacement of the natural aggregate resulted in a small reduction in mechanical resistance, but at acceptable intervals. Thus, it is concluded that the residue analyzed in this research presented a promising potential for future research and application in civil construction. It was performed a consistency test of the concrete in the fresh state, determined by the slump test method, and in the hardened state tests of axial compressive strength, tensile strength by diametrical compression and water absorption.

Keywords: Conventional Concrete, Industrial Waste, Paint

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aditivos de acordo com a função	20
Figura 2 - Compostos principais do cimento Portland	26
Figura 3 - Influência do teor de C3A no desprendimento de calor	27
Figura 4 – Influência do teor de C3S no desprendimento de calor	27
Figura 5 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material.....	29
Figura 6 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado graúdo com relação à massa do material	30
Figura 7 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	31
Figura 8 - Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.....	32
Figura 9 - Fábrica geradora do resíduo de tinta.....	34
Figura 10 - Fluxograma do trabalho	36
Figura 11 - Ensaio de massa unitária do agregado graúdo	37
Figura 12 - Ensaio de massa unitária do agregado miúdo.....	38
Figura 13 – Curva Granulométrica do Agregado Miúdo	38
Figura 14 - Ensaio de Granulometria do Agregado Miúdo.....	39
Figura 15 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo.....	39
Figura 16 - Curva Granulométrica do Resíduo de Tinta	40
Figura 17 - Caracterização dos Agregados.....	40
Figura 18 - Determinação de percentual de material pulverulento no agregado miúdo.....	41
Figura 19 - Ensaio de abatimento do concreto referência	43
Figura 20 - Ensaio de abatimento do concreto com 3% de resíduo de tinta.....	43
Figura 21 - Ensaio de abatimento do concreto com 5% de resíduo de tinta.....	44
Figura 22 - Ensaio de abatimento do concreto com 7% de resíduo de tinta.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de caracterização	37
Tabela 2 - Identificação dos traços em massa, experimentais	42
Tabela 3 - Consumo de Material por m ³ de concreto	42
Tabela 4 - Resultados do abatimento.....	43
Tabela 5 - Relação da quantidade de corpos de provas, por ensaio e idade	45
Tabela 6 - Resultados de resistência a compressão aos 3 dias de cura.....	45
Tabela 7 - Resultados de resistência a compressão aos 7 dias de cura.....	46
Tabela 8 - Resultados de resistência a compressão aos 14 dias de cura.....	47
Tabela 9 - Resultados de resistência à compressão aos 28 dias de cura.....	47
Tabela 10 - Resultados de resistência à compressão dos traços estudados	48
Tabela 11 - Resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados de resistência a compressão aos 3 dias de cura	46
Gráfico 2 - Resultados de resistência a compressão aos 7 dias de cura	46
Gráfico 3 - Resultados de resistência a compressão aos 14 dias de cura	47
Gráfico 4 - Resultados de resistência à compressão aos 28 dias de cura	48
Gráfico 5 - Resultados de resistência à compressão.....	49
Gráfico 6 - Resultados de resistência à compressão do Traço Referência, em todas as idades	49
Gráfico 7 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 3% de Substituição, em todas as idades	50
Gráfico 8 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 5% de Substituição, em todas as idades	50
Gráfico 9 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 7% de Substituição, em todas as idades	51
Gráfico 10 - Resistência à tração por compressão diametral.....	52
Gráfico 11 - Resultados de absorção de água conforme o traço	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas
ACI	American Concrete Institute
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
FCK	Resistência Definida em Projeto
FCJ	Resistência de Dosagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	14
2.1.1 CLASSIFICAÇÃO	14
2.1.2 PERICULOSIDADE E TOXICIDADE	15
2.1.3 REATIVIDADE	16
2.2 TINTAS	17
2.2.1 COMPOSIÇÃO	17
2.2.1.1 RESINAS	18
2.2.1.2 PIGMENTOS	19
2.2.1.3 ADITIVOS	20
2.2.1.4 SOLVENTES	20
2.3 CONCRETO	21
2.3.1 TRABALHABILIDADE	21
2.3.2 EXSUDAÇÃO	22
2.3.3 RESISTÊNCIA	22
2.3.4 PEGA	23
2.3.5 ADITIVOS	24
2.3.6 ADIÇÕES MINERAIS	24
2.4 MATERIAIS CONSTITUINTES	25
2.4.1 CIMENTO	25
CALOR DE HIDRATAÇÃO	26
FINURA	28
2.4.2 AGREGADOS	28
2.4.2.1 AGREGADO MIÚDO	30
2.4.2.2 AGREGADO GRAÚDO	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 DESENHO DO ESTUDO	33
3.2 OBJETO DE ESTUDO	33

3.2.1 RESÍDUO DE TINTA.....	33
3.2.2 AGLOMERANTE	34
3.2.3 AGREGADOS	34
3.2.4 ÁGUA	35
3.2.5 TRAÇO REFERÊNCIA	35
3.3 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO.....	35
3.3.1 ABATIMENTO	35
3.4 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO.....	35
3.4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	35
3.4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	35
3.4.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA	36
3.4.4 FLUXOGRAMA.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	37
4.2 DETERMINAÇÃO DOS TRAÇOS	41
4.3 ABATIMENTO (SLUMP TEST)	42
4.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	45
4.3.1 Resistência à Compressão	45
4.3.2 Resistência à tração por compressão diametral.....	51
4.3.2 Absorção de água.....	52
5 CONCLUSÃO.....	54
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

De acordo com John e Rocha (2003) com o avanço do conhecimento do setor da construção civil em relação às questões ambientais envolvidas, há um maior entendimento da inevitabilidade de um avanço nas buscas por materiais e procedimentos construtivos que não provoquem danos, tanto ao ser humano quanto ao meio ambiente. A relevância do aproveitamento de resíduos se dá, sobretudo, pela chance de desenvolvimento de materiais economicamente mais viáveis, oriundos de escórias industriais acessíveis, por meio da verificação de suas capacidades.

No Brasil, conforme a CETESB (2008), o mercado de tintas é muito estável e já ultrapassa a marca de um bilhão de litros fabricados por ano. As tintas são itens substanciais e compõe o processo de fabricação de vários produtos, como, automóveis, móveis, brinquedos, eletrodomésticos, equipamentos, impressões, assim como também está presente na construção civil.

Em Palmas já se encontram alguns fabricantes de tintas e com o desenvolvimento social logo o número de fabricantes irá aumentar. Com a finalidade de contribuir com a busca por novas tecnologias, este trabalho propõe a substituição do agregado graúdo da mistura de concreto por resíduo sólido, gerado da fabricação de tintas a base de água, tendo em vista que o estudo destes resíduos é de grande valia para uma sociedade cada vez mais atenta à sustentabilidade.

Conforme a CETESB (2008) os componentes contidos no resíduo das tintas são poluentes, tóxicos e os pigmentos ainda contém metais pesados, logo se dispostos de maneira incorreta causam efeitos negativos no meio ambiente. A contaminação da água, contaminação do solo e desequilíbrio de corpos d'água são alguns dos problemas causados pelo resíduo de tinta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar a possibilidade de aproveitar o resíduo sólido industrial, resultante da fabricação de tinta, e que influência a utilização do mesmo exerce nas propriedades físicas e mecânicas do concreto convencional.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o resíduo sólido gerado na fabricação de tinta e os materiais necessários para produção do concreto;
- Definir teores de substituição de resíduo da fabricação de tinta no concreto para definição dos traços;
- Realizar o estudo comparativo das propriedades físicas e mecânicas entre o concreto convencional e o concreto com substituição de agregado graúdo por resíduo da fabricação de tinta.

1.2 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma atividade substancial para o ser humano, desde a sua sobrevivência ao desenvolvimento social. Entretanto, com esse desenvolvimento social observaram-se diversos fatores negativos além da explosão populacional, o grande aumento do consumo e utilização de matérias primas e insumos, de tal maneira que o consumo de cimento ultrapassa até mesmo o consumo de alimentos, (PERES, 2012). Levando em conta estes aspectos, cada vez mais se faz necessária a procura por materiais alternativos, que sejam capazes de reduzir o consumo de recursos naturais, custos e proporcionar qualidades favoráveis ao concreto no estado fresco e endurecido.

De acordo com a legislação brasileira o transporte, tratamento e destinação final dos resíduos industriais, segundo a legislação brasileira, são de responsabilidade do produtor, porém em sua maioria não é realizado de maneira correta, (PORTO, 2015). Utilizar estes resíduos como adição ao concreto seria uma forma alternativa de destinação. Com a utilização destes resíduos na elaboração de concretos, e que neste caso é resíduo da fabricação de tintas de uma fábrica em Palmas, Tocantins, um dos benefícios obtidos inicialmente é a redução da quantidade lançado ao meio ambiente, o que resulta numa melhoria na qualidade de vida da população.

De acordo com a Kokar, por dia são produzidas, aproximadamente, dez toneladas de rejeito, incluindo efluentes e a parte sólida. Desse total aproximadamente 30% é a parte

residual sólida, ou seja, três toneladas geradas por dia, considerando 30 dias de funcionamento da fábrica esse valor se aproxima de 90 toneladas. Dispor da possibilidade de compreender e desenvolver um concreto com uma nova tecnologia favorável ao meio ambiente e em um campo de pesquisa de grande interesse para a construção civil e que está em expansão, torna este trabalho substancial para o amadurecimento do Autor quanto acadêmico e posteriormente como profissional. Além de cooperar com o mercado e com novas técnicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A grande quantidade de resíduos sólidos gera a necessidade de um controle e fiscalização severos. Conforme a Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, resíduos sólidos podem ser definidos como um material, substância, objeto ou bem dispensado, decorrente de atividades humanas em sociedade, no estado sólido ou semi-sólido, assim como gases contidos em recipientes e líquidos, com propriedades que tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso alguma solução técnica ou econômica, que se torna inviável. Ainda conforme a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que se refere à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), são apresentados objetivos e instrumentos, quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder. Assim sendo, a lei menciona a destinação final adequada buscando evitar danos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2010).

A NBR 10004:2004 define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, originados de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Assim como classifica os resíduos sólidos com base no reconhecimento do processo ou da atividade que os originou através de seus compostos e propriedades (ABNT, 2004).

Ainda conforme a NBR 10004:2004 a desunião dos resíduos assim como o reconhecimento da sua origem são partes importantes dos relatórios de classificação, onde a descrição de matérias-primas, dos insumos e do processo que originou o resíduo deve ser exposta.

“Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

2.1.1 CLASSIFICAÇÃO

Conforme a Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, os resíduos sólidos classificam-se da por sua origem e por sua periculosidade.

Em relação à origem os resíduos gerados no processo da fabricação de tintas são classificados como resíduo industrial, pois são produtos oriundos de processos de produção e instalação industrial.

No quesito periculosidade os resíduos se dividem em dois grupos, os perigosos e não perigosos. Os resíduos perigosos são os que em apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam algum tipo de ameaça à saúde pública ou à qualidade ambiental, em conformidade com a legislação. Já os resíduos não perigosos são aqueles que não apresentam alguma característica supracitada.

Já a NBR 10004:2004 classifica os resíduos conforme o seu potencial de perigo em duas classes:

- 1) Classe I ou Perigosos: São aqueles que em razão de suas características de toxicidade, inflamabilidade e corrosividade, oferecem alguma forma de risco e podem ser prejudicial ao meio ambiente se descartados de maneira incorreta.
- 2) Classe II ou Não perigosos:
 - a) Classe II A ou Não inertes: São os resíduos que podem apresentar condição de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água, mas não apresentam condições de perigo.
 - b) Classe II B ou Inertes: São aqueles que quando são amostrados de forma representativa não apresentam qualquer um de seus constituintes solubilizados em concentrações maiores em relação aos padrões de condição potável da água. Ou seja, mesmo após o contato com estes resíduos a água permanece bebível.

De acordo com o IBGE (2011) o gerenciamento de resíduos sólidos é de dever do poder público local, ainda que possa ser executado por empresas particulares por meio de concessão pública, na qual caberá ao poder público o gerenciamento das atividades desenvolvidas por essas empresas privadas, obedecendo à constituição federal.

2.1.2 PERICULOSIDADE E TOXICIDADE

A periculosidade de um resíduo se dá em consequência de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podendo apresentar, conforme a NBR 10004:2004:

- a) Ameaça à saúde pública, gerando mortalidade, ocorrência de doenças ou enfatizando seus índices;

- b) Ameaça ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma desapropriada.

Em suma a toxicidade é a capacidade que o elemento tóxico tem de causar algum efeito adverso (tóxico, carcinogênico, mutagênico, teratogênico ou eco toxicológico), seja ele alto ou baixo, resultante do contato com o organismo, por aspiração, ingestão ou absorção através da pele, conforme NBR 10004:2004. Podendo ser caracterizado como tóxico se for condizente com as seguintes características:

- a) Ser fatal ao homem;
- b) De acordo com a toxicidade apresentada pelo resíduo;
- c) Capacidade que o componente ou algum outro produto tem para se deslocar do resíduo para o ambiente, perante manejo inadequado;
- d) Afinco do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua decomposição;
- e) Extensão em que o componente, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de penetrar nos ecossistemas através de bioacumulação.

2.1.3 REATIVIDADE

Conforme a NBR 10004:2004 o resíduo é considerado como reativo quando uma parcela do mesmo apresenta algumas das seguintes características:

- a) Ser inconstante e reagir de forma intensa, sem estourar;
- b) Reagir intensamente com a água;
- c) Compor misturas eventualmente explosivas com a água;
- d) Formar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para causar problemas à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) Ser capaz de produzir resposta explosiva ou detonante perante a ação intensa de estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes fechados;
- f) Ser capaz de gerar, de imediato, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- g) Ser explosivo, estabelecido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, estando ou não em um dispositivo preparado para essa finalidade.

2.2 TINTAS

Para a CETESB (2008) tinta pode ser definida como uma mistura de uma parte sólida em um componente volátil (água, ou solvente) e outra parte denominada aditivo, que representa uma parcela pequena na composição, mas que é responsável pela obtenção de propriedades importantes.

Fazenda (2005) define tinta como um filme que tem a finalidade de resguardar e proporcionar beleza à superfície em que é aplicada. Em suma, é uma formação líquida e viscosa, constituída por um ou mais pigmentos espalhados em um aglomerante líquido. Posteriormente a mistura é transformada em uma película fina que após o processo de cura forma um filme sem brilho e adesivo.

De acordo com a ABRAFATI (2017) o Brasil fabrica tintas para todas as finalidades, com alta tecnologia e com qualidade técnica admirável, além de ser considerado um dos cinco maiores mercados em escala global. Estão presentes diversos fornecedores, do pequeno ao grande porte, espalhados por todo o território nacional. Inclusive estão presentes no país grandes fornecedores em escala mundial de insumos para a fabricação de tintas

2.2.1 COMPOSIÇÃO

Fazenda (2005) ressalta que os componentes da tinta são:

- a) Resina: É uma parte inconstante da tinta, que tem a função de agrupar as partículas dos pigmentos. É fator determinante para o tipo de tinta assim como o tipo de substrato onde será empregada a tinta;
- b) Pigmento: É um material sólido, insolúvel e separado de forma delicada. Tem a função de fornecer cor, opacidade, resistência dentre outros efeitos. Os pigmentos são separados em três classes: coloridos, não coloridos e anticorrosivos;
- c) Aditivo: É um ingrediente, que quando utilizado, é adicionado ainda na fase de fabricação das tintas, conferindo propriedades específicas ou melhorias, como niveladores, secantes e antiespumantes;
- d) Solvente: É um líquido, também inconstante, utilizado para diluir a resina. Habitualmente possui baixo ponto de fervura, e é classificado em ativo ou verdadeiro, latente e inativo.

Portanto, em suma as matérias-primas essenciais para a produção de quase todos os tipos de tintas são as resinas, os pigmentos, os solventes e os aditivos.

Logo, conforme a ABNT NBR 10004:2004 e a Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010 o resíduo de tinta é classificada como resíduo industrial perigoso Classe I, devido às suas características químicas de composição e por seus componentes ofertarem características de inflamabilidade e toxicidade.

2.2.1.1 RESINAS

Para Fazenda (2005) antigamente as resinas eram à base de compostos naturais, vegetais ou animais, entretanto em dias atuais são obtidas através da indústria química ou petroquímica, por meio de reações mais complicadas, que originam polímeros que conferem às tintas propriedades de resistência e durabilidade muito superiores às antigas.

Anghinetti (2012) define resina como um condutor sólido, sendo o componente mais relevante da tinta, de tal maneira que sua escolha é um forte indicador de qualidade. Através dos aspectos das resinas é que se rotulam os nomes das tintas, por exemplo, tintas acrílicas, epóxi, vinílica, poliéster, dentre outras.

De acordo com a CETESB (2008) resinas são criadoras da película da tinta e compõem o elemento básico da parte não volátil. São encarregadas pela maior parte das características físicas e químicas das tintas, como brilho, resistência física e química, secagem e aderência. A seguir uma ligeira apresentação de algumas resinas:

- a) Acrílicas: Polímeros constituídos pela polimerização de monômeros acrílicos e metacrílicos; ocasionalmente o estireno é copolimerizado com os monômeros, sendo que o processo de polimerização dos monômeros supracitados (base de água) atinge as designadas emulsões acrílicas utilizadas nas tintas látex;
- b) Poliéster: Ésteres são objetos da resposta de ácidos com álcoois. Quando ela é alterada com óleo, é designada de alquídica. As resinas poliéster são utilizadas na produção de primers e acabamentos de cura à estufa, aliados com resinas amínicas, epoxídicas ou com poliisocianatos impedidos e não impedidos
- c) Vinílicas: são polímeros resultantes da copolimerização em emulsão (base água) de acetato de vinila com diversos monômeros: acrilato de butila, di-butil maleato, etc. As emulsões supracitadas são utilizadas nas tintas látex vinílicas e vinil acrílicas;
- d) Alquídica: Polímero alcançado pela esterificação de poliácidos e ácidos graxos com poliálcoois. Utilizada em tintas que enxugam por exposição à oxigenação ou polimerização por calor;

- e) Epóxi: Concebidas na maior parte pela reação do bisfenol A com epícloridina; os conjuntos glicídila existentes na sua disposição concedem uma grande reatividade com conjuntos amínicos existentes nas poliaminas e poliamidas;
- f) Nitrocelulose: Fabricada pela reação de celulose, extremamente pura, com ácido nítrico, na participação de ácido sulfúrico. A nitrocelulose dispõe de largo uso na aquisição de lacas, no qual o processo de cura é por evaporação de solventes e são utilizados em estruturas de secagem rápida, por exemplo, para pintura de objetos industriais.

2.2.1.2 PIGMENTOS

Anghinetti (2012) ressalva que os pigmentos são estruturas sólidas, minuciosamente separadas, com tamanhos que variam entre 0,05 μm e 5 μm , constantes e insolúveis (com ressalva do corante) com o intuito de ofertar cor, opacidade, corpo, conservação e resistência à tinta.

Em conformidade com a CETESB (2008) os pigmentos podem ser definidos como elementos insolúveis no ambiente em que são usados (orgânico ou aquoso) e possuem como principal propósito conceder cor ou cobertura às tintas, sendo espalhados e formando uma mistura estável.

Fazenda (2005) afirma que a capacidade de cobertura (eficácia da tinta em cobrir a superfície onde é aplicada) está pontualmente pertinente ao índice de refração, sendo que os pigmentos coloridos precisam dispor deste índice com valor superior a 1,5. As cargas possuem o índice de refração igual ou ligeiramente superior a 1,5 sendo, portanto, transparente ou quase transparente.

Ainda de acordo com Anghinetti (2012) os pigmentos se dividem em dois tipos:

- a) Orgânicos: São substâncias que ofertam cor e que habitualmente não possuem propriedades anticorrosivas. A sua durabilidade e a capacidade de permanecer sem sofrer alteração de cor em ambientes externos é um dos aspectos mais relevantes. Possuem cores mais reluzentes, são mais caros que os inorgânicos, entretanto possuem grande poder de pigmentação com características de expressividade, nuance e limpeza;
- b) Inorgânicos: São tidos como pigmentos inorgânicos todos os pigmentos brancos, cargas e uma larga porção de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais. Geralmente não são tão reluzentes quão os orgânicos.

2.2.1.3 ADITIVOS

Anghinetti (2012) ressalva que os aditivos abrangem uma vasta quantidade de elementos, que ao serem incorporados às tintas, geralmente em proporções inferiores a 5%, conferem características notáveis.

Conforme a CETESB (2008) algumas das características supracitadas são: proteção contra corrosão, bloqueadores dos raios UV e catalisadores de reações. A figura a seguir relaciona alguns aditivos com a sua respectiva função:

Figura 1 - Aditivos de acordo com a função

Aditivo	Função
Fotoiniciadores	Formação de radicais livres quando submetidos à ação da radiação UV iniciando a cura das tintas de cura por UV
Secantes	Catalisadores da secagem oxidativa de resinas alquídicas e óleos vegetais polimerizados.
Agentes reológicos	Modificam a reologia das tintas (aquosas e sintéticas) modificação esta necessária para se conseguir nivelamento, diminuição do escorrimento, etc.
Inibidores de corrosão	Conferem propriedades anti-corrosivas ao revestimento
Dispersantes	Melhoram a dispersão dos pigmentos na tinta
Umectante	Nos sistemas aquosos aumentam a molhabilidade de cargas e pigmentos, facilitando a sua dispersão.
Bactericidas	Evitam a degradação do filme da tinta devida à ação de bactérias, fungos e algas..
Coalescentes	Facilitam a formação de um filme contínuo na secagem de tintas base água unindo as partículas do látex.

Fonte: CETESB (2008).

2.2.1.4 SOLVENTES

Conforme Anghinetti (2012) solvente é o elemento capaz de tornar as resinas solúveis e de melhorar sua viscosidade, possibilitando a utilidade das tintas e amplificando a aderência ao substrato, gerando uma mistura homogênea, de mesmo modo que oferta propriedades inflamáveis, tóxicas e odor forte.

As tintas à base aquosa logicamente usam água na fase volátil A seleção de um solvente em uma tinta deve ser realizada conforme a solubilidade das resinas contidas na tinta, viscosidade e da forma de aplicação, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2008).

Ainda de acordo com Anghinetti (2012) os solventes podem ser classificados segundo sua propriedade química em:

- a) Hidrocarbonetos: alifáticos, aromáticos e terpênicos;
- b) Solventes oxigenados: alcoóis, ésteres, éter glicólico, cetona;
- c) Solventes clorados;
- d) Éter;
- e) Nitroparafina.

2.3 CONCRETO

Azeredo (1997) define concreto como uma combinação de cimento, água e materiais inertes que ao serem hidratados passam ao estado plástico e logo após se solidificam devido à combinação química principalmente do cimento com a água, “quando o concreto é convenientemente tratado, seu endurecimento continua a desenvolver-se durante muito tempo após haver adquirido a resistência suficiente para a obra e torna-se mais forte ao invés de enfraquecer” (AZEREDO, 1997, p.53).

Para Mehta e Monteiro (1994) o concreto é um material que se constitui fundamentalmente de um meio estável aglomerante, onde estão contidas partículas ou partes dos agregados. No concreto de cimento hidráulico, o ambiente aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água.

GJORV (1992) *apud* TUTIKIAN e MOLIN (2008) afirmam que o melhor concreto é o que possui menor instabilidade em relação à resistência à compressão, e denotam a importância do cimento em relação à necessidade de água e trabalhabilidade, tais quais são controlados pelo aluminato tricálcico (C3A) e pela granulometria do cimento.

Para Goes *et al.* (2016) apesar do concreto ser um elemento bastante conhecido e estar presente na sociedade há muito tempo ainda manifesta certos problemas, como fissurações e/ou trincas. Sendo assim nos últimos anos novos estudos estão surgindo quanto à adição de novos materiais ao concreto para tentar reduzir tais problemas além de proporcionar melhorias ao mesmo.

Conforme Ribeiro, Pinto e Starling (2002) concreto é um material muito utilizado na construção civil, composto por cimento, agregados e água, com a possibilidade de inclusão de aditivos que tem a finalidade de alterar o seu desempenho.

2.3.1 TRABALHABILIDADE

Para Bauer (2008) trabalhabilidade está diretamente ligada à consistência, onde ambas estão relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os constituintes, com a finalidade de se obter consistência no concreto assim como um rendimento satisfatório da

execução. Entretanto não se trata só das características do próprio concreto, mas também das características externas de execução. Portanto, um concreto que atende às necessidades de certo tipo de obra não atenderá a outro tipo, ou mesmo um concreto que conceda ser adensado por vibração não poderá ser adensado por vibração manual, ou seja, a trabalhabilidade é mais subjetiva do que física, pois depende de cada situação.

A trabalhabilidade do concreto, segundo Mehta e Monteiro (1994), é uma propriedade do estado fresco, sendo uma das principais características, diretamente ligada à dosagem, que estabelece a aptidão com que o concreto pode ser moldado sem que haja segregação. Assim sendo, um concreto que dificulte a moldagem e o lançamento aumenta o custo do manuseio, além de diminuir a resistência e durabilidade. Logo, a trabalhabilidade do concreto além de influenciar na qualidade do mesmo também interfere no custo.

Para Petrucci (1998) a trabalhabilidade é a capacidade que o concreto tem ser fluido, sem que haja perda da homogeneidade. Existem algumas condições que interferem na trabalhabilidade do concreto, como o traço, o fator água/cimento e os teores de agregado graúdo e miúdo, chamada de granulometria, assim como a maneira como foi homogeneizado ou conduzido.

2.3.2 EXSUDAÇÃO

Neville e Brooks (2013) definem exsudação como uma forma de segregação em que uma parcela da água usada na mistura se desloca para a superfície do concreto lançado recentemente. Esse fato ocorre porque os componentes da mistura apresentam incapacidade de reterem toda a água utilizada no amassamento no momento em que estão se acomodando.

Exsudação, conforme Mehta e Monteiro (1994) pode ser definida como um fenômeno onde uma certa quantidade de água aparece na face superior, pelo fato da água ser o elemento mais leve compondo a mistura, exatamente após o lançamento e adensamento do concreto, entretanto, antes do início da pega,. A exsudação é uma forma de segregação, em que os elementos sólidos se depositam no fundo pela ação da gravidade. Logo, processo de exsudação provoca incapacidade dos elementos em prender toda a água, durante o período em que os sólidos estão se assentando.

2.3.3 RESISTÊNCIA

Mehta e Monteiro (1994) afirmam que a resistência do concreto está diretamente ligada à tensão necessária para causar fratura e é semelhante ao grau de ruptura onde a tensão aplicada alcança seu valor máximo. Não obstante na prática o concreto seja subalterno a uma

combinação de esforços em duas ou mais direções ao mesmo tempo, o ensaio de compressão uniaxial é o mais fácil de executar em laboratório. Logo, o ensaio de resistência a compressão realizado aos 28 dias de cura é aceito como padrão de maneira mundial.

A resistência de um concreto é diretamente afetada pelo seu grau de adensamento, conforme Neville (1997) é substancial que a textura do mesmo favoreça seu transporte, lançamento e acabamento e não provoque segregação.

A resistência do concreto pode ser considerada como a propriedade mais honrada por profissionais da construção civil. Ainda que o fator água/cimento seja significativo na definição da porosidade e da resistência do concreto, outros fatores como o adensamento, cura, dimensão dos agregados, tipos de aditivos, umidade, forma geométrica do corpo-de-prova, também exercem efeito relevante na resistência, conforme Mehta e Monteiro (2014).

A resistência é mensurada pelo processo de rompimento de corpos de prova através da compressão. O formato, dimensões, traço, consistência e tipo de materiais dos corpos de prova são definidos por normas correspondentes de acordo com cada país, ressalta Bauer (2008).

Para Neville e Brooks (2013) a resistência não é medida diretamente na pasta de cimento puro justamente pela dificuldade da produção de corpos de prova satisfatórios. Logo, faz-se a produção de argamassa de cimento e areia, ou mesmo concreto, com quantidades normalizadas.

Mehta e Monteiro (2014) afirmam que resistência se define como a capacidade de um material de resistir a tensões sem se romper, sendo esse rompimento caracterizado pelo surgimento de fissuras.

2.3.4 PEGA

Como bem nos assegura Neville (1997), pega é uma denominação facultativa usada para descrever o início do processo de passagem do estado líquido para o estado endurecido, ou seja, quando o processo de hidratação já foi iniciado. Contudo, apesar de uma pequena resistência inicial não se deve confundir pega com endurecimento, pois o endurecimento acontece logo após a pega.

Bauer (2008) afirma que pega é a evolução das propriedades mecânicas da mistura no início do processo de endurecimento, especificamente das propriedades físicas, entretanto relacionado ao processo de hidratação, que é químico.

Tempo de pega, segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2002) é o tempo necessário para o início do processo de enrijecimento. Uma vez iniciada a pega não se deve mais mexer na

mistura visto que as reações químicas já se iniciaram. O tempo de pega pode ser mensurado através de ensaio laboratorial com o auxílio do aparelho de Vicat.

2.3.5 ADITIVOS

Para Neville (1997) aditivos podem ser definidos como um produto químico que é adicionado ao concreto com proporção inferior a 5% da massa do cimento, com finalidade de se alcançar determinadas modificações das propriedades habituais do concreto

Conforme Mehta e Monteiro (1994) aditivos são materiais, além dos que já compõem o concreto, empregados como constituintes da argamassa ou do próprio concreto e são adicionados imediatamente antes ou durante o processo de mistura, na betoneira ou não.

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2002) aditivos são elementos que ao serem adicionados ao concreto proporcionam melhorias de comportamento. Aditivos impermeabilizantes, plastificantes, aceleradores e retardadores de pega são os mais utilizados.

Mehta e Monteiro (1994) ressaltam que o entendimento de que características importantes do concreto podem ser modificadas com a utilização de aditivos, tanto no estado fresco quanto no endurecido, fomentaram a indústria de aditivos que dentro dos 20 anos após o início do desenvolvimento da indústria na década de 40, aproximadamente 615 produtos diferentes foram comercializados em diversos países e a maior parte do concreto fabricado em outros diversos países contém um ou mais aditivos.

2.3.6 ADIÇÕES MINERAIS

De acordo com Tutikian e Molin (2008) as adições minerais só podem ser escolhidas mediante análise técnica e financeira, além de que, devem possuir área superficial maior do que a do elemento que está substituindo. Tendo em vista que estas adições possuem um papel notável para a resistência e conservação do concreto assim como para evitar que ocorra a segregação.

Ainda segundo Tutikian e Molin (2008) as adições minerais podem ser divididas em adições minerais quimicamente ativas e adições minerais sem atividade química, conforme a sua atuação físico-química.

Conforme Mehta e Monteiro (1994) os aditivos minerais além de proporcionar redução do custo favorecem também a trabalhabilidade do concreto em seu estado fresco. Habitualmente são adicionados em grandes quantidades, sendo utilizadas também para melhorar a resistência do concreto à fissuração térmica, ao ataque de sulfatos e à expansão álcali-agregado.

2.4 MATERIAIS CONSTITUINTES

Neste item serão descritos os principais materiais constituintes assim como suas características.

2.4.1 CIMENTO

Segundo Neville (1997) o procedimento de fabricação do cimento Portland se resume em moer a matéria prima, homogeneizar nas proporções adequadas e colocá-la em um forno com temperatura muito alta. O material submetido a essa alta temperatura inicialmente formará caroços (clínquer). O clínquer é então arrefecido e triturado até se obter um material pulverulento que é disposto junto ao gesso, transformando-se então no cimento Portland, comercialmente utilizado.

Neville e Brooks (2013) afirmam que o cimento pode ser definido como uma mistura de um material cálcico, como calcário ou giz, a sílica e a alumina encontradas em argilas ou folhelhos.

Bauer (2008) ressalva que o cimento Portland é o produto resultante da desintegração de clínquer formado de silicatos hidráulicos de cálcio e sulfato de cálcio natural, que contém certas substâncias que alteram suas propriedades podendo melhorar sua utilização.

“Cimento, na acepção geral da palavra, pode ser considerado todo material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto” (NEVILLE, 1997).

O cimento é um material que ao entrar em contato com a água se torna enrijecido. Porém com o passar do tempo, em contato novamente com a água sua dureza não sofre alteração, tendo isso contribuído para se tornar um material substancial para a construção civil, afirmam Neville e Brooks (2013).

Os principais elementos que compõem o cimento Portland e influenciam no desempenho do mesmo podem ser observados na figura abaixo:

Figura 2 - Compostos principais do cimento Portland

Nome do composto	Composição em óxidos	Abreviação
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fonte: NEVILLE (1997).

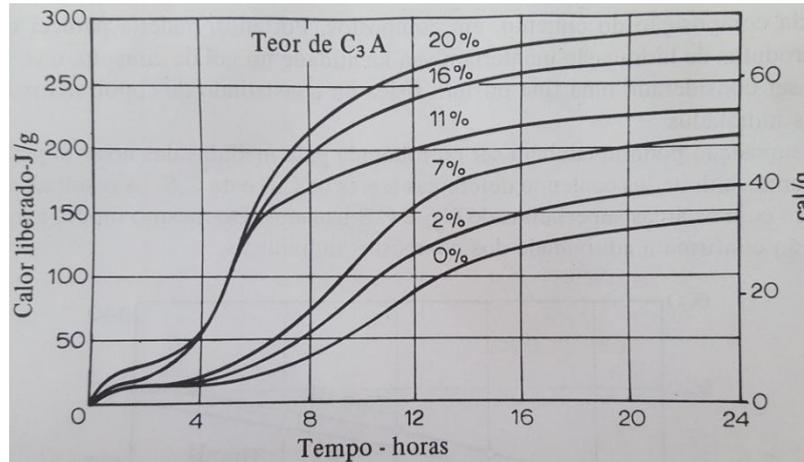
Conforme Ribeiro, Pinto e Starling (2002) os principais tipos de cimento Portland, regidos pela ABNT são:

- Cimento Portland Comum – CP I;
- Cimento Portland Composto – CP II (com adições de escória de alto-forno, pozolana e fíler);
- Cimento Portland de Alto-Forno – CP III (com adição de escória de alto-forno, apresenta baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland Pozolânico – CP IV (com adição de pozolana, apresenta baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (com maiores proporções de silicato tricálcico - C_3S , que lhe proporciona alta resistência inicial, porém alto calor de hidratação).

CALOR DE HIDRATAÇÃO

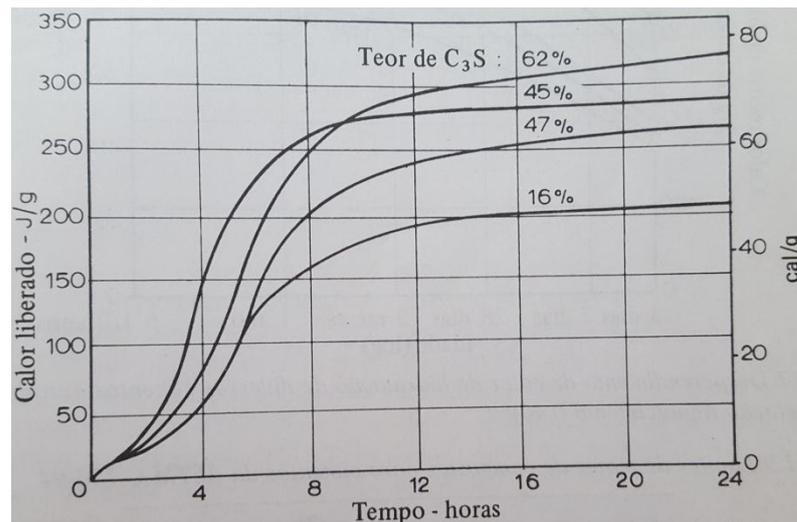
O cimento ao ser hidratado sofre uma reação exotérmica, ou seja, ocorre uma liberação de calor que é denominada calor de hidratação. A velocidade da hidratação afeta diretamente no calor que é liberado assim como a composição do cimento utilizado, sendo assim para maior controle sobre essa propriedade é interessante alterar os teores de aluminato tricálcico e silicato tricálcico, conforme Neville e Brooks (2013).

Figura 3 - Influência do teor de C₃A no desprendimento de calor



Fonte: NEVILLE (1997)

Figura 4 – Influência do teor de C₃S no desprendimento de calor



Fonte: NEVILLE (1997)

Calor de hidratação é a quantidade de calor que se desencadeia, na relação de joules por grama de cimento, até a hidratação total. Em suma, a quantidade de calor produzida não é tão crucial quanto à velocidade em que esse calor se propaga. Entretanto a temperatura do concreto atingida pela liberação de calor pode ser controlada por procedimentos de resfriamento artificial, conforme Neville (1997).

FINURA

Neville (1997) afirma que a finura é uma propriedade essencial do cimento, assim sendo deve haver um controle rigoroso sobre sua quantidade. Em cimentos mais finos, por exemplo, há uma maior probabilidade de ocorrer retração e fissuração, entretanto estes tendem a sofrer menos exsudação.

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2002) quanto mais fino for o cimento maior será sua resistência nas primeiras idades, assim como sua trabalhabilidade e impermeabilidade. Sendo sua finura medida através de ensaio em laboratório com o auxílio da peneira 200, com abertura de 0,075 mm.

Finura, para Bauer (2008), pode ser definida como um entendimento em relação ao tamanho dos grãos, habitualmente definidas pelo tamanho do grão, quando se sabe a quantidade de material retido, ou através do somatório das superfícies específicas dos grãos contido em um grama de cimento.

2.4.2 AGREGADOS

A ABNT NBR 9935:2011 define agregado como um material sem formato resolvido, inerte e propício para a produção de argamassa e concreto.

Bauer (2008) define agregado como “material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos” e demonstra que são classificados da seguinte maneira:

- Miúdo: as areias;
- Graúdo: os cascalhos e as britas;
- Naturais: os que já se encontram em forma particulada na natureza: areia e cascalho;
- Industrializados: os que têm sua composição particulada obtida por processos industriais. Nestes casos, a matéria-prima pode ser: rocha, escória de alto-forno e argila;

Para Ribeiro, Pinto e Starling (2002) agregados são materiais que não devem apresentar reações indesejáveis, ou seja, devem ser inertes, encontrados em forma de grãos, como areia ou brita, que acrescentados à mistura de cimento e água, originam a argamassa e o concreto.

Segundo Neville (1997) os agregados compõem mais da metade do volume de concreto, logo a qualidade dos mesmos é de suma importância. “Os agregados influenciam o comportamento do concreto pela sua composição mineralógica, qualidade, tamanho, textura e quantidade” (FURNAS, 1997).

Ainda de acordo com Furnas (1997) para utilizar agregados no concreto é necessário caracterizar as suas principais propriedades, tais quais influenciam na dosagem das misturas,

nas características de deformação e resistência, além da durabilidade, em razão das várias substâncias que podem ser prejudiciais ao concreto e a possibilidade de surgirem efeitos com os álcalis presentes no cimento.

Ribeiro, Pinto e Starling (2002) afirmam que os agregados, miúdo e graúdo podem conter substâncias deletérias, entretanto em quantidade limitada para que não provoque problemas ao concreto, e ressaltam que a composição granulométrica influencia diretamente sobre a qualidade dos agregados, especificamente sobre a trabalhabilidade e resistência à compressão.

A ABNT NBR 7211:2009 estabelece os limites de substâncias nocivas permitidas em relação à massa do material, do agregado miúdo e graúdo, conforme as figuras a seguir:

Figura 5 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
		Concretos protegidos do desgaste superficial	5,0
Impurezas orgânicas ²⁾	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos	10 %
¹⁾ Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).			
²⁾ Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução-padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo ensaio previsto na ABNT NBR 7221.			

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

Figura 6 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado graúdo com relação à massa do material

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado graúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218	Concreto aparente	1,0
		Concreto sujeito a desgaste superficial	2,0
		Outros concretos	3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento) ^{2), 3)}	ABNT NBR NM 46		1,0
¹⁾ Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123). ²⁾ Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%. ³⁾ Para agregado total, definido conforme 3.6, o limite de material fino pode ser composto até 6,5%, desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica, realizada de acordo com a ABNT NBR 7389, que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto. São exemplos de materiais inadequados os materiais micáceos, ferruginosos e argilo-minerais expansivos.			

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

2.4.2.1 AGREGADO MIÚDO

De acordo com a ABNT NBR 7211:2009 agregado miúdo é definido como um material, composto por grãos que conseguem passar por uma peneira com malha de 4,75 mm, mas ficam presos na peneira com malha de 150 micrômetros, em um ensaio realizado em laboratório.

A seguir podem-se observar os limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo. Materiais com distribuição granulométrica não abrangida podem ser utilizados caso sejam realizados estudos que atestem sua funcionalidade, segundo a ABNT NBR 7211:2009.

Figura 7 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

2.4.2.2 AGREGADO GRAÚDO

Agregado graúdo é definido, segundo a ABNT NBR 7211:2009, como um material constituído por grãos, que passam pela peneira com malha de 75 mm, porém ficam presos na peneira com malha de 4,75 mm, em ensaio realizado em laboratório.

Tutikian e Molin (2008) ressaltam que se deve ter um controle mais rigoroso sobre o diâmetro máximo característico para que não haja travamento, para garantir a passagem completa do concreto por todo o seu trajeto e reduza a possibilidade de segregação.

Na figura abaixo pode – se verificar os limites da distribuição granulométrica dos agregados graúdos que devem ser atendidos, segundo a ABNT NBR NM 248:2003.

Figura 8 - Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 - 15 ²⁾	65 ²⁾ - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ - 65 ²⁾	92 – 100	-	-
9,5 mm	2 - 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 - 100	-	-	-	-

¹⁾ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

²⁾ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

3 METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

A presente pesquisa possui caráter quali-quantitativo, visto que, pretende analisar as condições e comportamento do produto final obtido por meio de caracterização dos materiais e de ensaios realizados em laboratório, comparando os resultados obtidos com parâmetros já conhecidos contidos em pesquisas, para se alcançar o objetivo final.

Desta forma, quanto aos objetos de estudos, foi realizada pesquisa exploratória, por se tratar de novas tecnologias, posto que o uso de resíduo de tinta como substituição da brita ainda é pouco relatada em pesquisas.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

3.2.1 RESÍDUO DE TINTA

O resíduo de tinta que foi utilizado na pesquisa é proveniente do processo de fabricação de tintas a base de água, da fábrica de tintas Kokar, sendo classificado conforme a NBR 10004:2004 e a Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, como resíduo industrial perigoso Classe I.

O resíduo de tinta será adicionado como substituto do agregado graúdo, em teores de 3%, 5% e 7%, conforme Ludwig (2014). Serão realizados ensaios de massa unitária conforme ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios, massa específica segundo a ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente, e módulo de finura de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003 Agregados – Determinação da Composição Granulométrica, e módulo de finura desses agregados.

Figura 9 - Fábrica geradora do resíduo de tinta



Fonte: Autor (2019)

3.2.2 AGLOMERANTE

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CP II F40, sendo selecionado por apresentar características favoráveis na fabricação de concretos além de possuir elevado grau de finura, o que proporciona maiores resistências em todas as idades.

3.2.3 AGREGADOS

Foi feita a análise granulométrica dos agregados em conformidade com a orientação contida na norma ABNT NBR NM 248:2003 Agregados – Determinação da Composição Granulométrica, estabelecendo o diâmetro máximo característico (DMC) e modulo de finura desses agregados.

Para a determinação da massa específica dos agregados da pesquisa foi seguido o procedimento contido na ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente, onde avalia-se a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Para a determinação de massa unitária desses materiais, foi realizado o ensaio previsto na ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.

3.2.4 ÁGUA

O concreto foi fabricado utilizando água fornecida pela rede pública local, onde a concessionária é a BRK Ambiental (TO).

3.2.5 TRAÇO REFERÊNCIA

Foi utilizado o método ACI para a elaboração do traço referência com fck de 25MPa, desvio padrão de 4,0 e fcj de 31,60 MPa.

3.3 ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

3.3.1 ABATIMENTO

O ensaio de abatimento (*Slump test*) prosseguiu para determinar a consistência, e procederá conforme recomendações da norma técnica ABNT NBR NM 67:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

3.4 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

3.4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio à compressão, assim como a moldagem e cura dos corpos de prova prosseguiram conforme recomendações da norma técnica ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

Os moldes que contêm os corpos de prova foram desmoldados e posteriormente rompidos no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA, no 3º, 7º, 14º e 28º dia, em uma prensa, marca EMIC PC 201, onde os mesmos foram colocados na prensa, e receberam uma carga até a ruptura das amostras.

3.4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

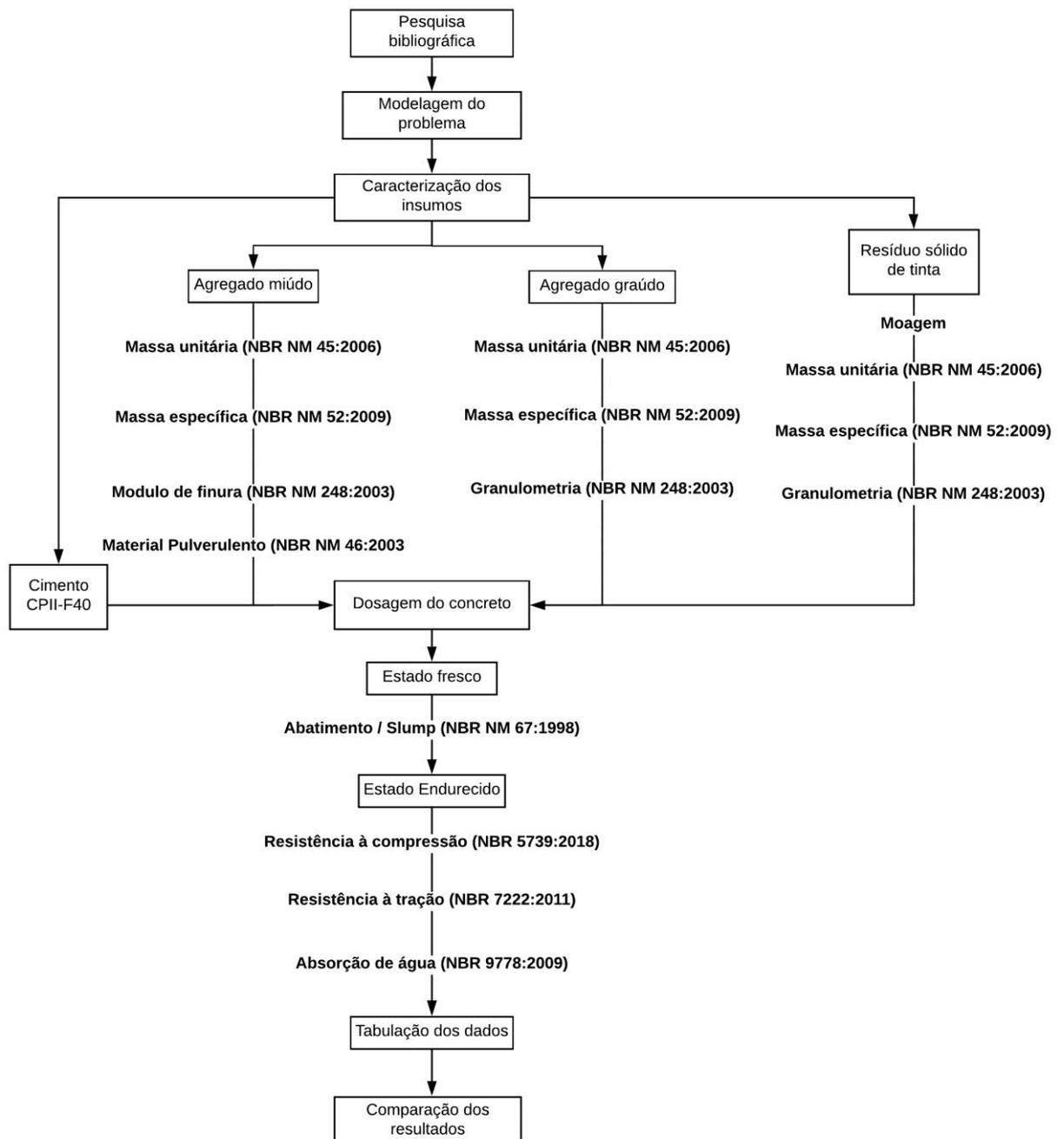
O ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi efetivado para estabelecer a resistência do concreto à tração e prosseguiu conforme recomendações da norma técnica ABNT NBR 7222:2011 Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

3.4.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para o ensaio de absorção de água do concreto foi utilizada a norma ABNT NBR 9778:2009 Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

3.4.4 FLUXOGRAMA

Figura 10 - Fluxograma do trabalho



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

A tabela a seguir apresenta os resultados dos ensaios de caracterização:

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de caracterização

Agregado Miúdo	Massa Unitária (g/m ³)	2,65
	Massa Específica (g/cm ³)	1,54
	Módulo de Finura	2,60
	Material Pulverulento (%)	0,52
Agregado Graúdo	Massa Unitária (g/cm ³)	1,33
	DMC (mm)	19,00
	Massa Específica (g/cm ³)	2,69
Resíduo de Tinta	Massa Unitária (g/cm ³)	0,76
	DMC (mm)	19,00
	Massa Específica (g/cm ³)	1,50

Fonte: Autor (2019)

Foi realizado o ensaio de Massa Unitária desses materiais, para isto, o ensaio previsto por norma seria o contido na NBR NM 45:2006, porem a indisponibilidade do recipiente exigido pela norma no laboratório inviabilizou a sua realização, logo, a determinação da massa unitária foi executada seguindo a NBR 7251:1982 de acordo as figuras 11 e 12.

Figura 11 - Ensaio de massa unitária do agregado graúdo



Fonte: Autor (2019)

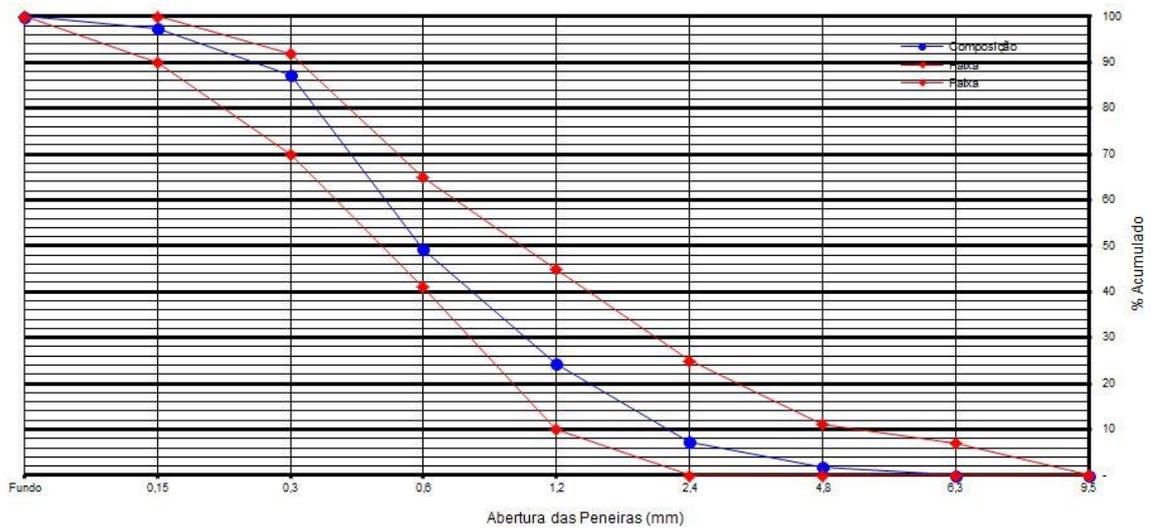
Figura 12 - Ensaio de massa unitária do agregado miúdo



Fonte: Autor (2019)

A distribuição granulométrica da areia natural, conforme ABNT NBR NM 248:2003, está apresentada na figura 13:

Figura 13 – Curva Granulométrica do Agregado Miúdo



Fonte: Autor (2019)

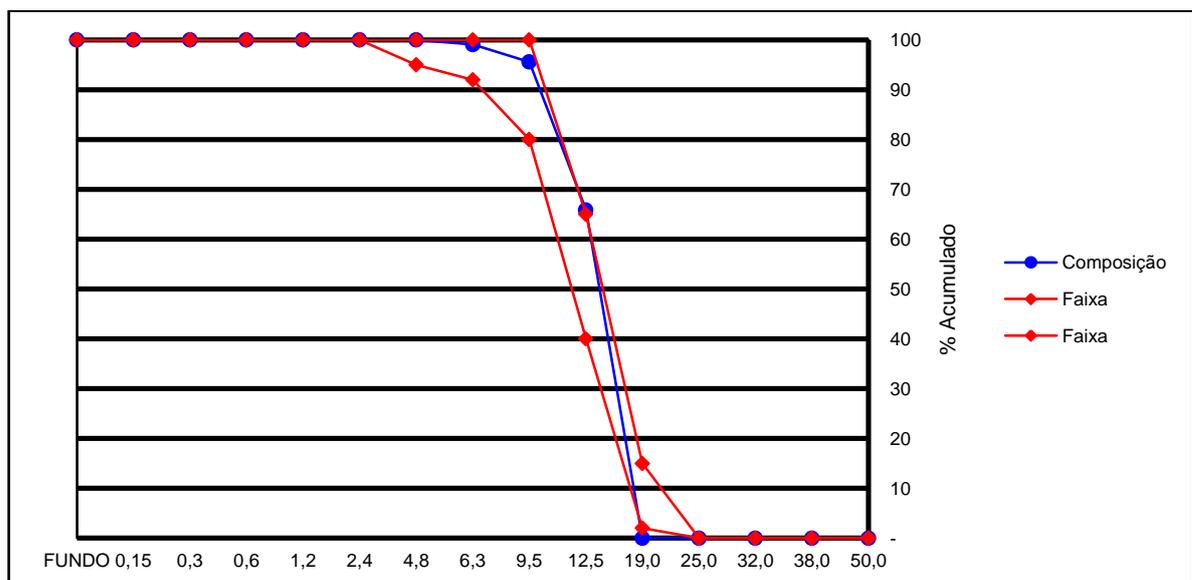
Figura 14 - Ensaio de Granulometria do Agregado Miúdo



Fonte: Autor (2019)

A distribuição granulométrica da brita, conforme ABNT NBR NM 248:2003, está apresentada na figura 15:

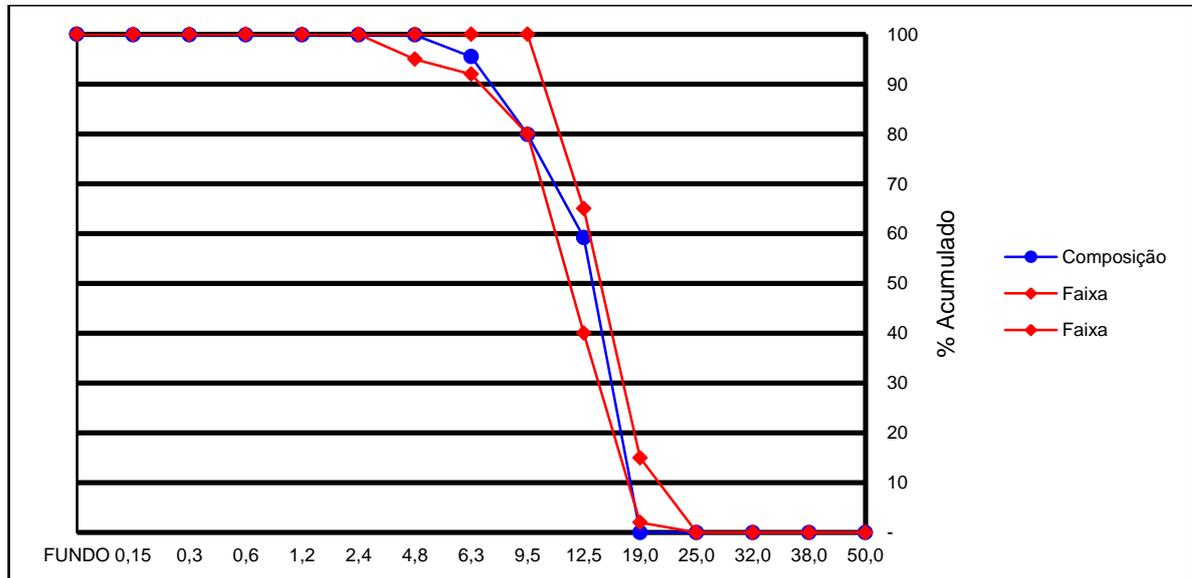
Figura 15 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo



Fonte: Autor (2019)

A distribuição granulométrica do resíduo de tinta, conforme ABNT NBR NM 248:2003, está apresentada na figura 16:

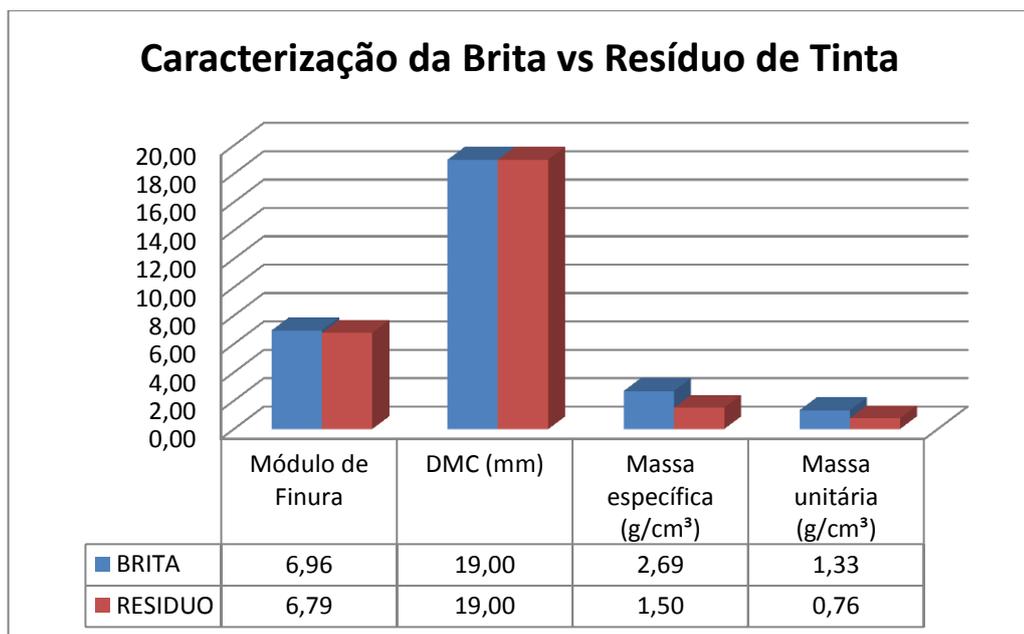
Figura 16 - Curva Granulométrica do Resíduo de Tinta



Fonte: Autor (2019)

Os resultados da caracterização física dos agregados estão apresentados, conforme a figura 17, que compara as características da brita e do resíduo de tinta.

Figura 17 - Caracterização dos Agregados



Fonte: Autor (2019)

Pôde-se perceber que o resíduo de tinta apresentou menor massa específica, e massa unitária, provavelmente em função da sua elevada porosidade, certamente pelo fato de o resíduo ser proveniente de um processo industrial. Comparando esses dois agregados, podemos concluir que essa característica proporciona um concreto mais leve em relação ao concreto convencional.

O teor de material pulverulento do agregado natural está dentro do limite permitido conforme a ABNT NBR NM 46:2003, visto na figura 18.

Figura 18 - Determinação de percentual de material pulverulento no agregado miúdo



Fonte: Autor (2019)

4.2 DETERMINAÇÃO DOS TRAÇOS

Tendo como base para o estudo o método de cálculo de traço desenvolvido pelo ACI (American Concrete Institute), foi desenvolvido o traço referência definido como traço piloto.

Foram realizadas 04 dosagens distintas as quais são definidas a seguir:

- Para relação água/aglomerante 0,52, foi dosado um traço inicial que servirá de referência;
- Um traço com as mesmas proporções do traço referência água/aglomerante 0,52, exceto a substituição de 3% de Brita pelo Resíduo de Tinta.
- Um traço com as mesmas proporções do traço referência água/aglomerante 0,52, exceto a substituição de 5% de Brita pelo Resíduo de Tinta.

- Um traço com as mesmas proporções do traço referência água/aglomerante 0,52, exceto a substituição de 7% de Brita pelo Resíduo de Tinta.

Tabela 2 - Identificação dos traços em massa, experimentais.

Identificação	Descrição	Dosagem				
		Cimento	Areia	Brita	Resíduo	Água
T. Ref.	Referência água/aglomerante 0,52	1	2,230	2,160	-	0,520
T. 3%	Traço com substituição de 3% de resíduo de tinta, água/aglomerante 0,52.	1	2,290	2,090	0,070	0,520
T. 5%	Traço com substituição de 5% de resíduo de tinta, água/aglomerante 0,52.	1	2,330	2,050	0,110	0,520
T. 7%	Traço com substituição de 7% de resíduo de tinta, água/aglomerante 0,52.	1	2,380	2,010	0,150	0,520

Fonte: Autor (2019)

A tabela a seguir apresenta o consumo de material conforme os traços para 1 m³ de concreto:

Tabela 3 - Consumo de Material por m³ de concreto

Identificação	Cimento (kg/m ³)	Areia (kg/m ³)	Brita (kg/m ³)	Resíduo de Tinta (kg/m ³)	Água (kg/m ³)
T. Ref.	394,23	878,20	851,20	-	205,00
T. 3%	394,23	903,36	825,66	25,54	205,00
T. 5%	394,23	920,13	808,64	42,56	205,00
T. 7%	394,23	936,90	791,62	59,58	205,00

Fonte: Autor (2019)

4.3 ABATIMENTO (SLUMP TEST)

As consistências dos concretos foram determinadas pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), conforme a ABNT NBR NM 67:1998. Foram feitos ensaios de caracterização do concreto no estado fresco para o concreto de referência assim como para os concretos com substituição da brita pelo resíduo de tinta. Foi admitido um Abatimento de 75 mm ± 20 mm, conforme figura 19, 20, 21 e 22.

Tabela 4 - Resultados do abatimento

Descrição	Slump test (mm)
Traço RF	70
Traço 3%	78
Traço 5%	83
Traço 7%	89

Fonte: Autor (2019)

Figura 19 - Ensaio de abatimento do concreto referência



Fonte: Autor (2019)

Figura 20 - Ensaio de abatimento do concreto com 3% de resíduo de tinta



Fonte: Autor (2019)

Figura 21 - Ensaio de abatimento do concreto com 5% de resíduo de tinta



Fonte: Autor (2019)

Figura 22 - Ensaio de abatimento do concreto com 7% de resíduo de tinta



Fonte: Autor (2019)

4.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As produções dos corpos-de-prova foram realizadas de acordo com a NBR 5739:2018 específica de concreto convencional, onde foram confeccionados corpos-de-prova segundo as porcentagens de substituição com o objetivo de representar estatisticamente os resultados que foram alcançados nas respectivas idades.

Tabela 5 - Relação da quantidade de corpos de provas, por ensaio e idade

Ensaio	Norma	Idade (dias)	Nº de CP's por idade	Total de CP's
Compressão axial	NBR 5739:2018	03, 07, 14 e 28	02	32
Absorção de água	NBR 9778:2005	28	02	08
Tração por comp. diametral	NBR 7222:2011	28	02	08
TOTAL				48

Fonte: Autor (2019)

4.3.1 Resistência à Compressão

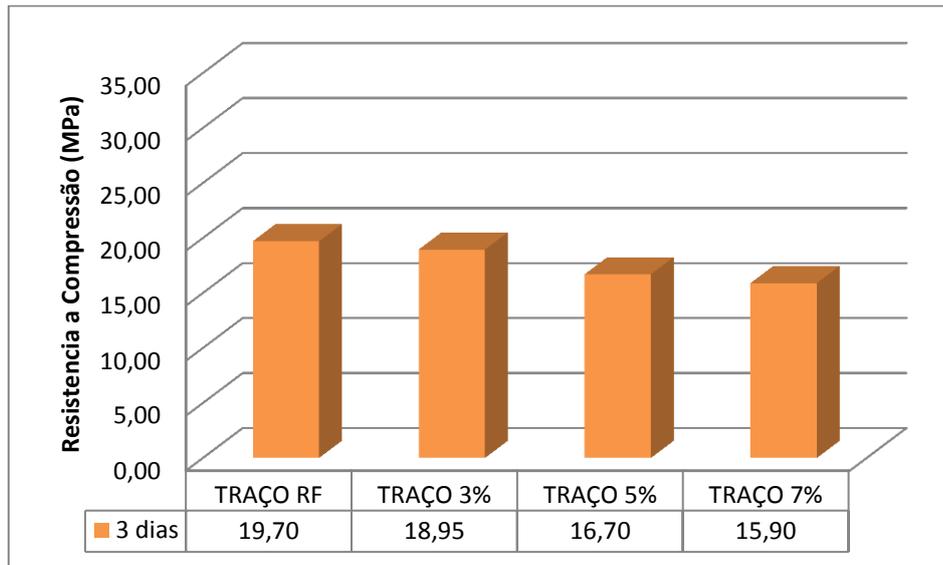
As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial realizados nos corpos de provas dos traços estudados em suas respectivas idades.

Tabela 6 - Resultados de resistência a compressão aos 3 dias de cura

Descrição	CP 1 (MPa)	CP 2 (MPa)	Média (MPa)	Variância	Desv. Padrão
Traço RF	19,70	19,70	19,70	0,00	0,00
Traço 3%	18,70	19,20	18,95	0,13	0,25
Traço 5%	16,70	16,70	16,70	0,00	0,00
Traço 7%	16,50	15,30	15,90	0,72	0,60

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 1 - Resultados de resistência média à compressão aos 3 dias de cura



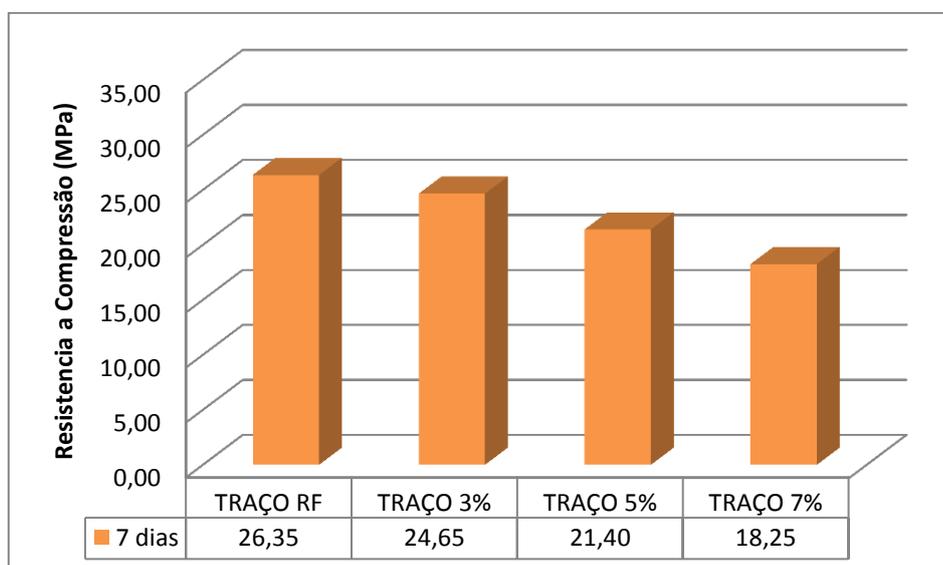
Fonte: Autor (2019)

Tabela 7 - Resultados de resistência a compressão aos 7 dias de cura

Descrição	CP 1 (MPa)	CP 2 (MPa)	Média (MPa)	Variância	Desv. Padrão
Traço RF	26,00	26,70	26,35	0,24	0,35
Traço 3%	24,00	25,30	24,65	0,85	0,65
Traço 5%	21,50	21,30	21,40	0,02	0,10
Traço 7%	18,70	17,80	18,25	0,40	0,45

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 2 - Resultados de resistência média à compressão aos 7 dias de cura



Fonte: Autor (2019)

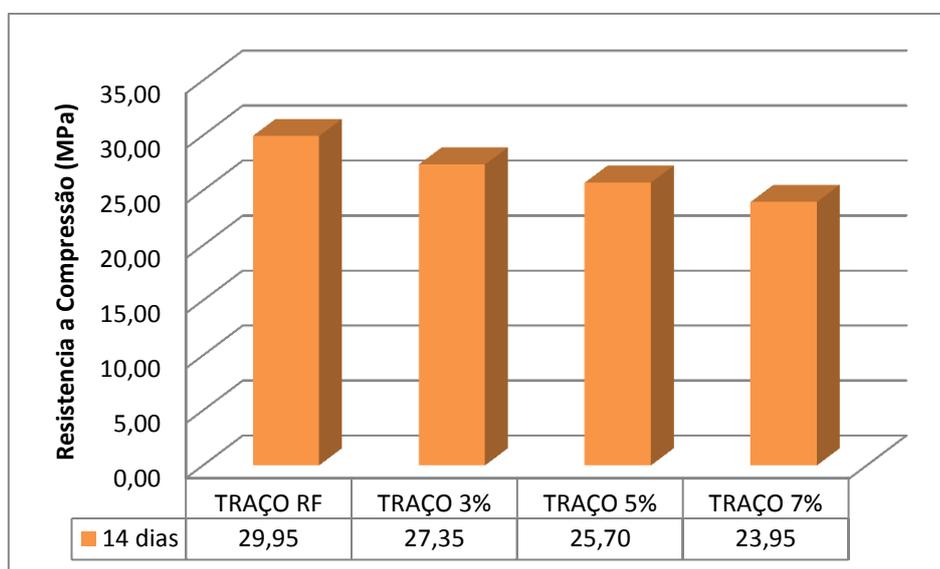
Na tabela 8 e gráfico 3 podem-se observar os valores de resistência à compressão, de todos os traços, aos 14 dias de cura.

Tabela 8 - Resultados de resistência a compressão aos 14 dias de cura

Descrição	CP 1 (MPa)	CP 2 (MPa)	Média (MPa)	Variância	Desv. Padrão
Traço RF	29,40	30,50	29,95	0,61	0,55
Traço 3%	27,30	27,40	27,35	0,00	0,05
Traço 5%	24,80	26,60	25,70	1,62	0,90
Traço 7%	22,80	25,10	23,95	2,65	1,15

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 3 - Resultados de resistência média à compressão aos 14 dias de cura



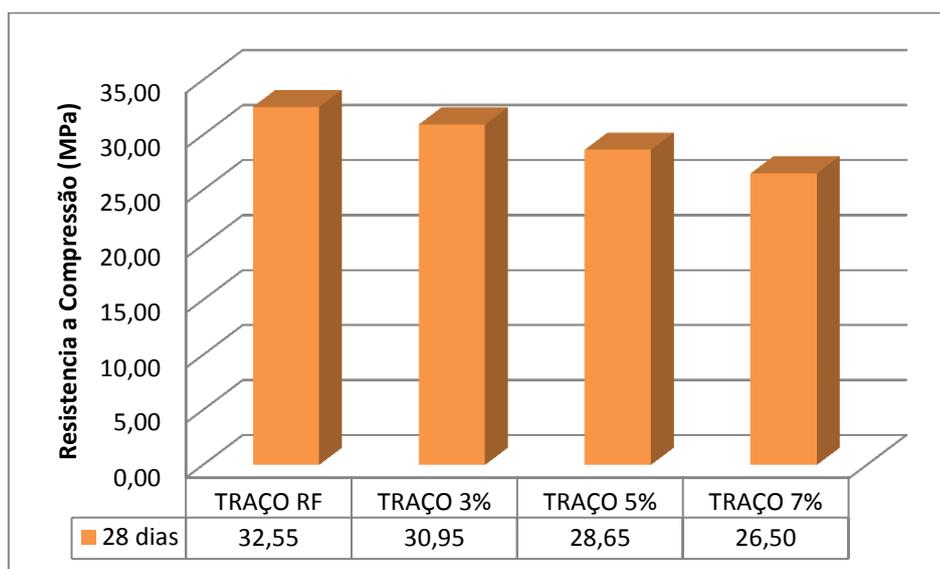
Fonte: Autor (2019)

Tabela 9 - Resultados de resistência à compressão aos 28 dias de cura

Descrição	CP 1 (MPa)	CP 2 (MPa)	Média (MPa)	Variância	Desv. Padrão
Traço RF	32,30	32,80	32,55	0,13	0,25
Traço 3%	30,60	31,30	30,95	0,24	0,35
Traço 5%	27,90	29,40	28,65	1,13	0,75
Traço 7%	25,10	27,90	26,50	3,92	1,40

Fonte: Autor (2019)

Gráfico 4 - Resultados de resistência média à compressão aos 28 dias de cura



Fonte: Autor (2019)

A tabela 10 e os gráficos 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam a média dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial realizados nos corpos de provas dos traços estudados. Com isso foram encontradas as linhas e curvas de tendência, no intuito de conhecer matematicamente o comportamento dos resultados. Foi utilizado o ajuste logarítmico, pois foi o que mais se adequou aos valores observados.

Tabela 10 - Resultados de resistência à compressão dos traços estudados

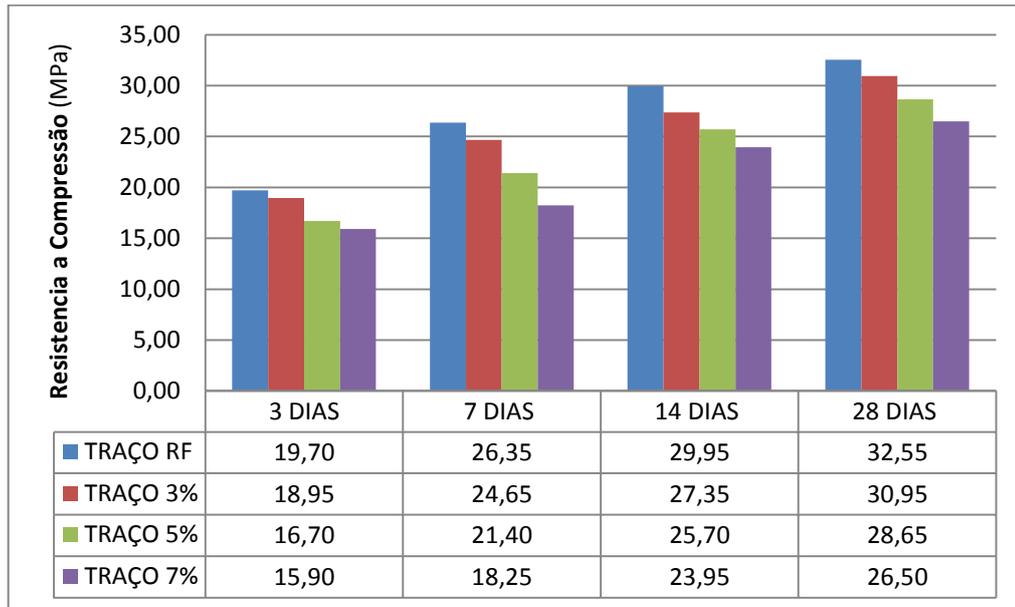
Descrição	3 Dias (MPa)	7 Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
Traço RF	19,70	26,35	29,95	32,55
Traço 3%	18,95	24,65	27,35	30,95
Traço 5%	16,70	21,40	25,70	28,65
Traço 7%	15,90	18,25	23,95	26,50

Fonte: Autor (2019)

Aos 28 dias de cura o traço com substituição de 3% apresentou uma resistência à compressão 4,92% menor em relação ao Traço Referência. O traço com substituição de 5% apresentou uma resistência à compressão 11,98% menor em relação ao Traço Referência. O traço com substituição de 7% apresentou uma resistência à compressão 18,59% menor em relação ao Traço Referência.

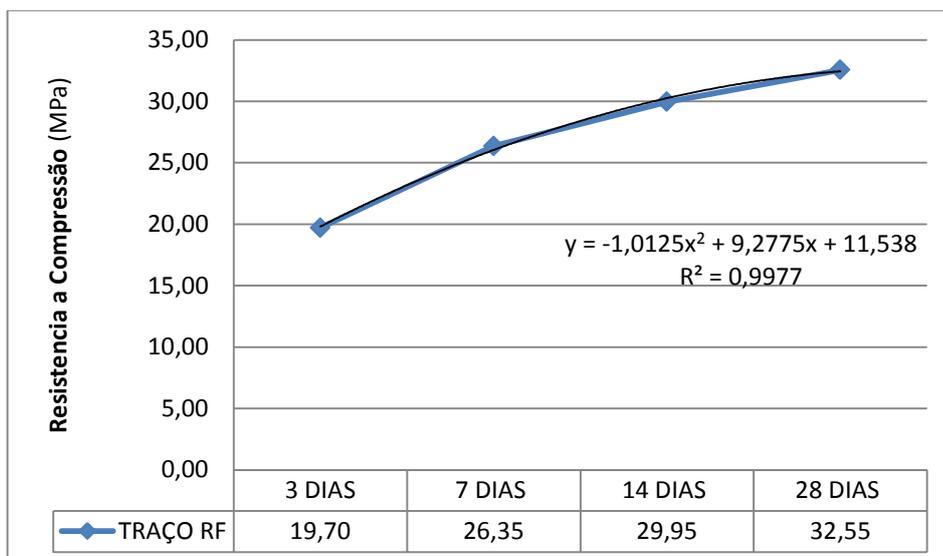
Percebe-se que o desvio padrão utilizado para cálculo do traço do concreto convencional não deve ser usado quando se utiliza resíduo de tinta, pois conforme dados da tabela 9 os resultados se distanciaram do Traço Referência, na medida em que o teor de substituição aumentou.

Gráfico 5 - Resultados de resistência à compressão



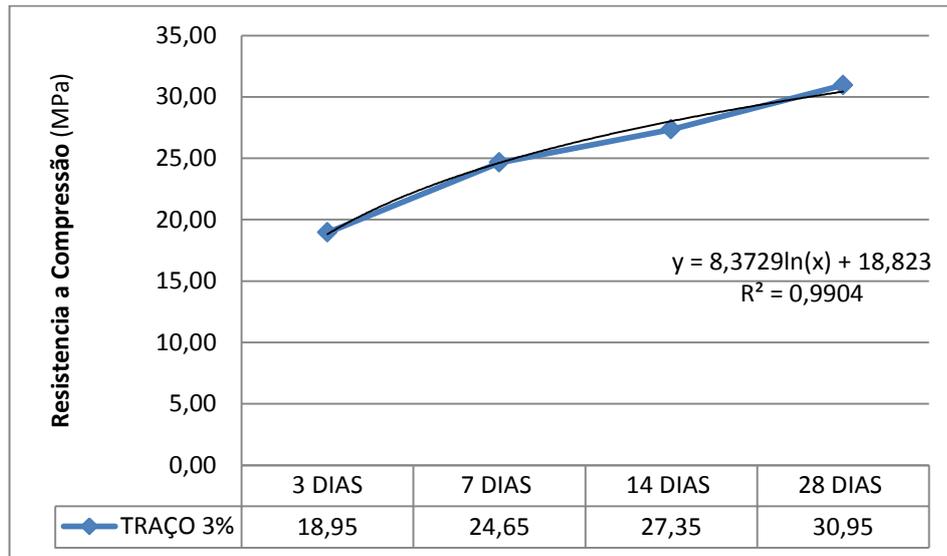
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 6 - Resultados de resistência à compressão do Traço Referência, em todas as idades.



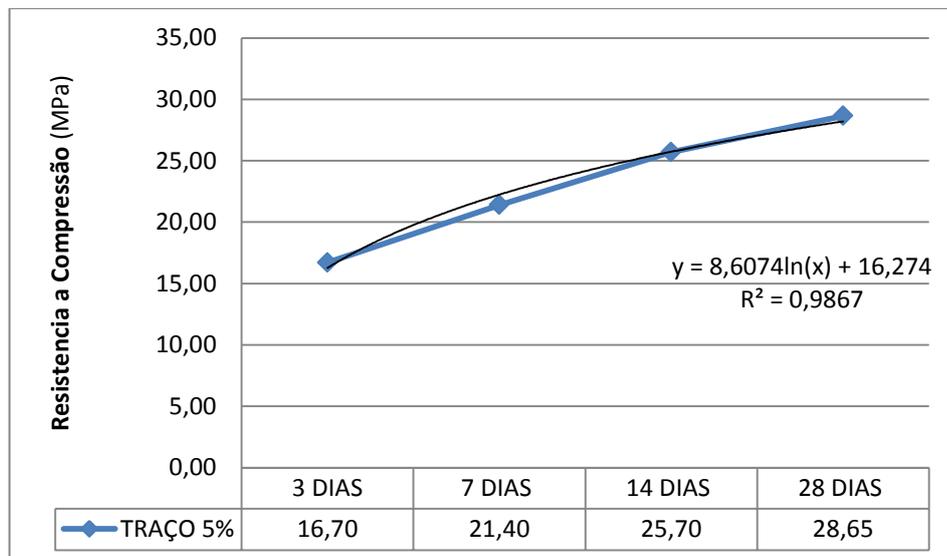
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 7 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 3% de Substituição, em todas as idades.



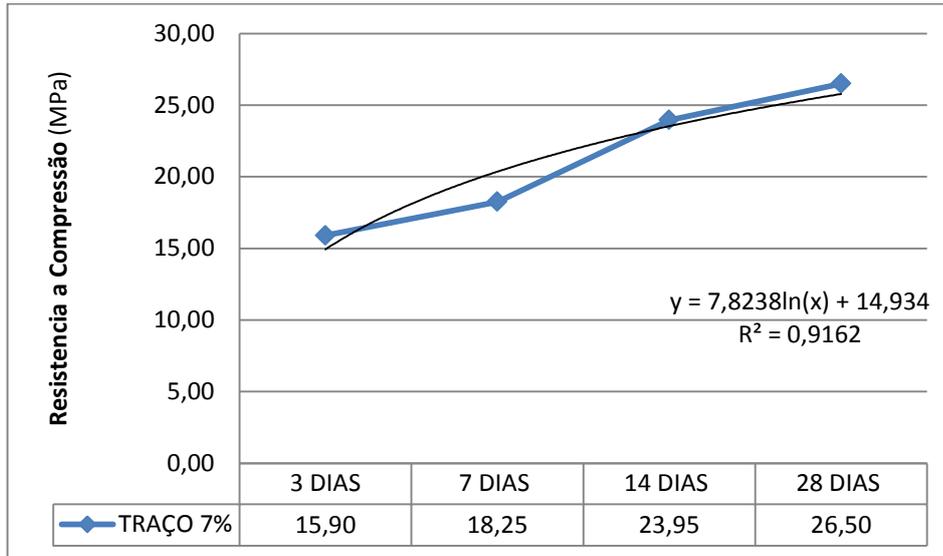
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 8 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 5% de Substituição, em todas as idades.



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 9 - Resultados de resistência à compressão do Traço com 7% de Substituição, em todas as idades.



Fonte: Autor (2019)

4.3.2 Resistência à tração por compressão diametral

A resistência à tração dos concretos foi verificada por meio de corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 15 cm x 30 cm, em um total de dois corpos de prova por traço. Os ensaios para a determinação das resistências foram realizados com a idade de 28 dias, a partir da moldagem, conforme a ABNT NBR 7222:2011. Com o corpo de prova devidamente ajustado foi aplicada uma carga até a sua ruptura, conforme a figura abaixo:

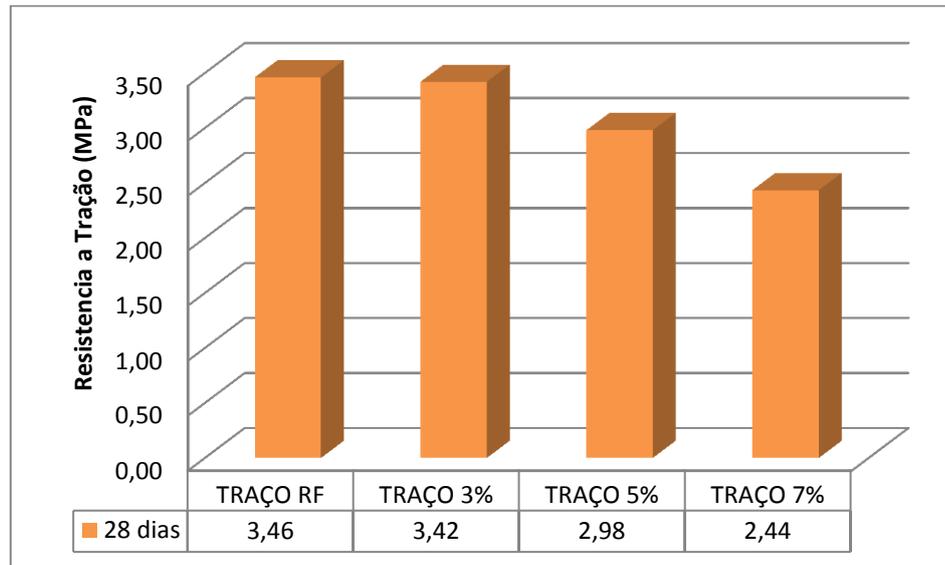
Tabela 11 - Resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral

Descrição	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	Média (MPa)	Variância	Desv. Padrão
Traço RF	3,52	3,40	3,46	0,01	0,06
Traço 3%	3,46	3,38	3,42	0,00	0,04
Traço 5%	3,06	2,90	2,98	0,01	0,08
Traço 7%	2,33	2,54	2,44	0,02	0,11

Fonte: Autor (2019)

Na tabela 10, apresentam-se valores das tensões decorrentes da compressão diametral. Pode-se notar que, os valores de resistência à tração que foram obtidos por meio deste ensaio ficaram próximos à margem de 10%, comparado com a média da resistência á compressão axial.

Gráfico 10 - Resistência média à tração por compressão diametral.

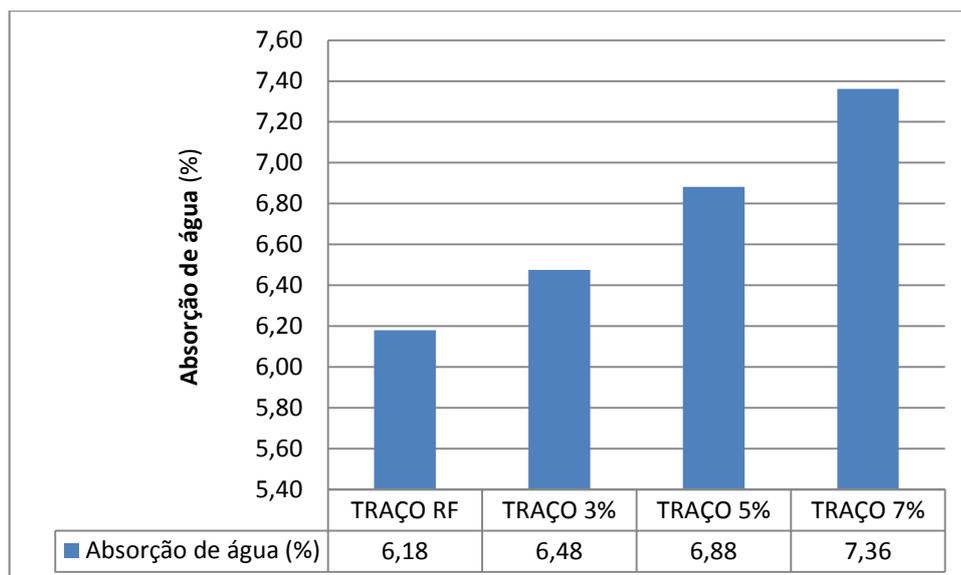


Fonte: Autor (2019)

4.3.2 Absorção de água

Na tabela a seguir estão os resultados do ensaio de absorção de água por imersão conforme ABNT NBR 9778:2005, que foi realizado em todos os concretos.

Gráfico 11 - Resultados de absorção de água conforme o traço



Fonte: Autor (2019)

Os ensaios de absorção de água, dos corpos de prova, com a substituição do agregado graúdo por resíduo de tinta, mostraram um pequeno acréscimo na absorção do concreto. Em relação ao concreto referência, todas as proporções de substituição do agregado graúdo por resíduo de tinta tiveram absorções maiores.

Esse comportamento provavelmente se dá pela utilização do resíduo de tinta, por se tratar de um material proveniente de processos industriais apresenta uma maior porosidade em sua composição, fazendo com que o concreto consiga absorver mais água, entretanto reduzindo sua resistência à compressão, como visto na tabela 9.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta os resultados do estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduo de tintas a base de água, britado, em substituição ao agregado graúdo (faixas granulométricas semelhante da brita) para fabricação de concretos, de modo a fornecer uma alternativa suplementar para a reutilização do resíduo supracitado. Os resultados são apresentados, em função da substituição do agregado graúdo por resíduo de tinta.

Os resultados obtidos com esta pesquisa permitiram chegar à conclusão de que a substituição, que partiu do percentual de 3%, 5% e 7% do agregado graúdo (brita) por resíduo de tinta, britado, causou redução da resistência à compressão dos corpos de prova, provavelmente pela composição do material, que é proveniente de um processo industrial onde são utilizados produtos químicos para geração das tintas à base de água.

Pode-se afirmar que a quantidade de água adicionada na fabricação do concreto foi constante. Pode ter ocorrido um aumento dos vazios nos corpos de prova, que ocasionou uma diminuição da resistência à tensão de ruptura. Esta observação é reforçada pelos testes de absorção de água, destes corpos de prova, onde o aumento no teor de substituição do agregado graúdo provocou um aumento nos teores de absorção.

Foi constatado que a substituição do agregado graúdo por resíduo de tintas a base de água não melhora a resistência à compressão do concreto, porém, mediante os resultados obtidos, percebe-se que a utilização de resíduo de tinta em substituição ao agregado graúdo para uso nos concretos convencionais, ofertou resistência acima do F_{ck} estabelecido em projeto, que é de 25 MPa, ou seja, pode ser utilizado na fabricação do concreto convencional entretanto o desvio padrão utilizado na estimativa do F_{cj} do concreto convencional não deve ser o mesmo utilizado quando o resíduo for utilizado em substituição ao agregado graúdo.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após análise dos resultados encontrados e verificação das possibilidades de continuidade e aprimoramento em pesquisa científica, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros.

- Efetuar um estudo científico quanto à composição do resíduo e a influencia que os materiais constituintes exercem sobre o concreto;
- Realizar estudos com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de tinta;
- Realizar estudos com o resíduo de tinta na fabricação de concreto leve.

REFERÊNCIAS

ABRAFATI (São Paulo) (Org.). **O SETOR DE TINTAS NO BRASIL**. 2017. Disponível em: <<https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>>. Acesso em: 13 set. 2018.

ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **TINTAS, SUAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES IMOBILIÁRIAS**. 2012. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/90.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos ABNT. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação. ABNT. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. ABNT. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. ABNT. Rio de Janeiro. 2005.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. ABNT. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. ABNT. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. ABNT. Rio de Janeiro. 2006.

_____. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.

_____. **NBR NM 52:** Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. ABNT. Rio de Janeiro. 2009.

_____. **NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. ABNT. Rio de Janeiro. 1998.

_____. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O Edifício Até Sua Cobertura.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1997. 181 p.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção:** Novos materiais para construção civil. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 488 p. Revisão técnica: Prof. João Fernando Dias.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Ibge. Diretoria de Geociências. **Atlas de Saneamento 2011.** Rio de Janeiro: Ibge, 2011. 150 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap9.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2018.

CONGRESSO NACIONAL. Congresso. Senado. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010.** 1. ed. Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

FARDIN, Hedelvan Emerson; NOGUERA, Jorge Orlando Cuéllar. UMA PERSPECTIVA DOS RESÍDUOS DE TINTAS E VERNIZES NO MUNICÍPIO DE SOBRADINHO/RS. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p.61-73, abr. 2016. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/22361308>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/download/19812/pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

FAZENDA, Jorge M. R.. **Tintas & Vernizes - ciência e tecnologia.** 3. ed. [s. I.]: Edgard Blucher, 2005. 1064 p.

FURNAS, Equipe de. **Concretos : massa, estrutural, projetado e compactado com rolo: Ensaio e propriedades.** São Paulo: Pini, 1997.

GOES, Caroline Marção Wolf de et al. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE MACROFIBRAS ESTRUTURAIS SINTÉTICAS E MICROFIBRAS DE V. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. L.], v. 12, n. 1, p.40-53, 15 jun. 2016. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v12i1.37400>. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/37400>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

JOHN, Vanderley Moacyr; ROCHA, Janaide Cavalcante. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.** Porto Alegre - Rs: Antac, 2003. 272 p. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/134.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

LUDWIG, Douglas Giongo. **CONCRETO COM ADIÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ.** 2014. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário Univates, Lajeado, RS, 2014. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/574/1/2014DouglasGiongoLudwig.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2018.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M.. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 2. ed. [s. I.]: Ibracon, 2014. 782 p.

NEVILLE, A.m.; BROOKS, J.j.. **Tecnologia do Concreto.** 2. ed. Porto Alegre - Rs: Bookman, 2013. 441 p. Tradução de: Ruy Alberto Cremonini.

NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do Concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p. Tradução Eng. Salvador E. Giammusso.

PERES, Paula. **Construção civil é o ramo que mais consome materiais no mundo, afirma professor da Poli.** 2012. São Paulo (AUN - USP). Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=4848&ed=853&f=2>>. Acesso em: 15 set. 2019.

PETRUCCI, Eladio G. R.. **Concreto de Cimento Portland.** 13. ed. São Paulo: Globo S.a., 1998. 307 p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/23746834/eladio-gr-petrucci-concreto-de-cimento-portland-13-ed-1998>>. Acesso em: 15 set. 2018.

PORTO, Giovanni Pietro Morello. **Responsabilidade civil na destinação final de resíduos sólidos.** Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/43027/responsabilidade-civil-na-destinacao-final-de-residuos-solidos>> Acesso em: 15 de setembro de 2018

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil.** 3. ed. Pampulha: Ufmg, 2002. 99 p.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpena dal. **Concreto Auto-Adensável.** São Paulo: Pini, 2008. 140 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

DOSAGEM MÉTODO ACI - GRACILIANO				
SLUMP / ABATIMENTO (mm)	75			
DIÂMETRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO (mm)	19			
VOLUME DE ÁGUA (L)	205			
AR APRISIONADO (%)	2			
Fck - resistência característica do concreto (MPa)	25			
RIGOR EM OBRA (1=baixo; 2=médio; 3=alto)	3			
SD - DESVIO PADRÃO (coeficiente de segurança)	4			
Fcj - resistência média do concreto em "J" dias (MPa)	31,60			
FATOR a/c	0,52			
QUANTIDADE DE CIMENTO (kg)	394,23			
VOLUME DE CIMENTO (m³)	0,127			
TEOR DE AGREGADO GRAÚDO (m³)	0,640			
QUANTIDADE DE AGREGADO GRAÚDO (kg)	851,2			
VOLUME DE AGREGADO GRAÚDO (m³)	0,316			
VOLUME DE AGREGADO MIÚDO (m³)	0,331			
QUANTIDADE DE AGREGADO MIÚDO (kg)	878,20			
T. MASSA	1	2,23	2,16	0,52
T. VOLUME	1	3,04	3,41	1,09
T. MISTO	1	1,45	1,62	0,52

MATERIAL	M. UNITÁRIA (kg/m³)	M. ESPECÍFICA (kg/m³)
<i>CIMENTO</i>	<i>2100</i>	<i>3100</i>
<i>AG. GRAÚDO</i>	<i>1330</i>	<i>2690</i>
<i>AG. MIÚDO</i>	<i>1540</i>	<i>2650</i>
VOLUME TOTAL DA OBRA (m³)		0,02198
CIMENTO (kg)		8,67
AREIA (kg)		19,30
BRITA (kg)		18,71
ÁGUA (L)		4,51
TOTAL DE SACOS DE CIMENTO		1
PESO TOTAL (kg)		50
INCHAÇO DA AREIA (%)		0
UMIDADE (%)		0

