

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO CERRADO PATROCÍNIO
UNICERP
Graduação em Engenharia Civil**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DA
LATERITA COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO
CONVENCIONAL**

Janaina Pereira Silva

**PATROCÍNIO - MG
2019**

JANAINA PEREIRA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DA
LATERITA COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do grau de Bacharelado em
Engenharia Civil, pelo Centro
Universitário do Cerrado Patrocínio.

Orientador (a): Prof.^a Esp. Priscilla Assis
Mendonça

**PATROCÍNIO - MG
2019**

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 3 dias do mês de julho de 2019, às 21:00 horas, em sessão pública na sala 701-05 deste Campus Universitário, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Priscilla Assis Mendonça e composta pelos examinadores:

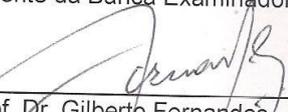
1. Prof. Dr. Gilberto Fernandes

2. Prof. Me. Daniel Flávio Pires de Lima,

a aluna Janaína Pereira Silva apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Análise da viabilidade técnica da utilização da laterita como agregado graúdo em concreto convencional como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Engenharia Civil. Após reunião em sessão reservada, os professores decidiram da seguinte forma: O Avaliador 01 decidiu pela aprovação o Avaliador 02 decidiu pela aprovação, sendo resultado final da Banca Examinadora, a decisão final pela aprovação do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo aluno.



Prof^a. Priscilla Assis Mendonça
Presidente da Banca Examinadora


Prof. Dr. Gilberto Fernandes
Examinador 01

Prof. Me. Daniel Flávio Pires de Lima
Examinador 02



Janaína Pereira Silva
Aluna

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para superar todos os obstáculos, cansaço e desânimo. Se não fosse ELE não teria chegado até aqui, confiante em um futuro melhor.

Aos meus pais, Jacinta de Fátima Silva e Edilson Pereira da Silva pelo apoio incentivo, amor e dedicação. Vocês foram peças fundamentais na minha formação e sou grata por ser o que sou hoje. Amo e admiro muito vocês!

Aos meus irmãos e familiares por terem me dado suporte nos momentos de angústia e frustração.

Aos meus amigos, em especial ao Wendel Rodrigues Alves e Tatiely Aparecida Ribeiro de Castro pelo apoio e ajuda na execução dos ensaios.

Aos meus amigos de turma, em especial Giovanna, Igor, Juliano, Tatiane e Daniela pela cumplicidade e incentivo a estar onde me encontro hoje.

À minha orientadora Priscilla Assis Mendonça por ter aceitado me orientar, pela paciência, disponibilidade e dedicação para a realização deste estudo.

À PATROCON, pela disponibilidade e fornecimento do aditivo utilizado nesse trabalho.

Agradeço à empresa MACMIX, em especial as Sr. Geovane Eustáquio Gonçalves pelo fornecimento dos moldes de corpo de prova.

À MOSAIC Fertilizantes, por disponibilizarem o estéril para a realização dessa pesquisa.

Enfim, a todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui, o meu muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charlie Chaplin

RESUMO

Introdução: O concreto é o composto mais utilizado na construção civil, esse material é a mistura de agregados (brita, areia etc.), aglomerantes (cimento Portland), água e, em casos especiais, adições e aditivos. Atualmente, o ramo da engenharia civil busca por inovações voltadas para a tecnologia do concreto, em especial na área de agregados. Um dos métodos avaliados é a junção de gestão de resíduos em conjunto com a tecnologia dos materiais. Existe um tipo de concreto, o chamado laterítico com comportamento mecânico similar ao do concreto convencional, que pode ser utilizado com segurança em obras advertindo pequeno porte.

Objetivo: analisar a viabilidade técnica da utilização do estéril de minério de origem laterítica do CMP (Complexo Mineral de Patrocínio) em substituição ao agregado graúdo convencional.

Materiais e métodos: Este estudo foi idealizado na substituição total do agregado graúdo por laterita lavada, utilizando agregados e aglomerantes da região de Patrocínio/MG. O método de dosagem adotado para o desenvolvimento da pesquisa foi o ABCP e a substituição do agregado graúdo a partir da caracterização da laterita.

Resultados: O trabalho se desenvolveu com base em ensaios de caracterização física dos componentes utilizados no concreto e determinação de dois traços sendo 1 para o concreto convencional, na proporção 1:2,14:2,37 (cimento: areia: brita), com um fator água/cimento de 0,5 e 0,03% de aditivo, já para o concreto laterítico na proporção 1:1,81:2,22 (cimento: areia: laterita), fator a/c de 0,5 e 1,2% de aditivo plastificante para concreto laterítico, submetidos a ensaios de resistência a compressão axial.

Conclusão: O presente estudo exibiu como resultado a viabilidade técnica do concreto laterítico em relação ao concreto convencional nos parâmetros de resistência a compressão axial e consumo de cimento.

Palavras chave: Laterita. Concreto. Concreto laterítico. Agregados alternativos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A curva de evolução média de resistência a compressão dos diferentes tipos de cimento Portland	Erro! Indicador não definido.
Figura 2- Gráfico da Análise da resistência axial	Erro! Indicador não definido.
Figura 3- Composição granulométrica da Laterita.....	30
Figura 4- Composição granulométrica da Brita	31
Figura 5- Composição granulométrica da areia	32
Figura 6- Curva de Abrams.....	34
Figura 7- Curva de Abrams.....	41
Figura 8- Granulometria do agregado Miúdo	48
Figura 9- Granulometria da Laterita	48
Figura 10- Laterita em estado natural	49
Figura 11- Lavagem da laterita	49
Figura 12- Massa Unitária do Agregado Graúdo	50
Figura 13- Massa específica do Agregado Graúdo.....	50
Figura 14- Agitador de peneiras.....	51
Figura 15- Massa específica do Cimento	51
Figura 16- Índice de forma da laterita	52
Figura 17- Lavagem do Agregado Graúdo para ensaio de material pulverulento	52
Figura 18- Secagem do agregado graúdo para ensaio de material pulverulento.....	53
Figura 19- Massa Específica do Agregado miúdo	53
Figura 20- Pré – seleção da laterita.....	54
Figura 21- Confeção do concreto laterítico.....	54
Figura 22- Proporção de dosagem do concreto convencional	55
Figura 23- Slump test- Concreto Convencional.....	55
Figura 24- Rompimento- Corpo de prova Laterítico	56
Figura 25- Proporções de dosagem- Concreto Laterítico.	56
Figura 26- Corpos de provas nos moldes.....	57
Figura 27- Rompimento do corpo de prova.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Ensaio de caracterização dos agregados efetuados em laboratório	17
Tabela 2 -	Ensaio de caracterização dos agregados- Concreto Convencional.....	21
Tabela 3 -	Ensaio de caracterização dos agregados- Concreto Laterítico	22
Tabela 4 -	Slump Test	23
Tabela 5 -	Resistência a compressão axial	24
Tabela 6 -	Análise granulométrica da laterita.....	31
Tabela 7 -	Análise granulométrica da brita.....	32
Tabela 8 -	Análise granulométrica da areia.....	33
Tabela 9 -	Resultados dos ensaios realizados (Concreto Convencional)	34
Tabela 10 -	Consumo de água	36
Tabela 11 -	Volume de brita	37
Tabela 12 -	Resultados dos ensaios realizados (Concreto Laterítico)	40
Tabela 13 -	Consumo de brita	42
Tabela 14 -	Volume de brita	44
Tabela 15 -	Concreto Convencional – Ensaio de compressão.....	49
Tabela 16 -	Concreto Laterítico – Ensaio de compressão.....	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

a/c- Fator água cimento

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI -American Concrete Institute

CMP- Complexo Mineral de Patrocínio/ MG

CP- Corpo de prova

CPs- Corpos de Prova

f_{cc}- Resistencia à compressão

f_{ct}- Resistencia à tração

kg- Quilograma

kgf- Quilograma Força

m- Metro

m²- Metro Quadrado

m³- Metro Cúbico

MPa – Mega Pascoal

NBR- Norma Brasileira

NM- Norma Mercosul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 Objetivo geral.....	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
4. DESENVOLVIMENTO.....	13
4.1 INTRODUÇÃO	14
4.2 REVISÃO DE LITERATURA	15
4.2.1 Concreto.....	15
4.2.2 Concreto laterítico.....	15
4.3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.3.1 Agregados lateríticos.....	17
4.3.2 Caracterização dos agregados convencionais.....	17
4.3.3 Dosagem.....	18
4.3.4 Preparo do traço e moldagem dos corpos de prova.....	19
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
4.4.1 Caracterização física dos agregados.....	20
4.4.2 Traço convencional	21
4.4.3 Traço Laterítico.....	21
4.4.4 Slump Test.....	22
4.4.5 Resistência a compressão axial	22
4.4.6 CONSUMO DE CIMENTO	23
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
4.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	24
4.7 AGRADECIMENTO	24
4.8 REFERÊNCIAS.....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÃO.....	27
6 APÊNDICES	30

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o composto mais utilizado na construção civil. Esse material é a mistura de agregados (brita, areia, etc.), aglomerantes (cimento portland) e água podendo possuir, ou não, aditivos funcionais. Ao hidratar o cimento com água forma-se uma pasta que adere aos agregados, tornando a mistura de fácil moldagem e com alta resistência a compressão.

Atualmente a engenharia civil busca por inovações voltadas para a tecnologia do concreto, em especial na área de agregados. Um dos métodos avaliados é a junção de gestão de resíduos em conjunto com a tecnologia dos materiais, utilizando materiais alternativos e visando a redução dos impactos ambientais.

De acordo com Silveira M. D.(2015), o setor mais responsável pelo elevado consumo de recursos naturais é a construção civil, o que justifica a importância da ampliação do mercado com materiais alternativos, de modo a diminuir custos e principalmente reduzir o impacto ambiental. Silveira (2015) ainda destaca que o emprego do estéril proveniente da mineração, devido ao elevado quantitativo de resíduos gerados no decorrer do seu processo produtivo.

Existe um tipo de concreto, chamado laterítico, com comportamento mecânico similar ao do concreto convencional. Ele pode ser utilizado com segurança como material de construção civil com grande viabilidade econômica, nas obras de engenharia de menor porte.

2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Os estéreis de minério são depositados de forma contínua nos famosos depósitos de bota fora, chegando a grandes alturas. Sem muitas alternativas para a sua reutilização, a tendência é o aumento das dimensões destes depósitos gerando maiores gastos para a sua manutenção além dos impactos ambientais. Em virtude disto, este trabalho direciona um estudo comparativo da viabilidade da utilização da laterita como agregado graúdo em concreto convencional desenvolvido em laboratório, com materiais da região de Patrocínio/Mg.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica da utilização do estéril do minério de fosfato, com composição laterítica, do CMP -Complexo Mineral de Patrocínio, em substituição do agregado graúdo comumente utilizado no concreto convencional.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a caracterização física do material laterítico, para estudo do traço utilizado;
- Dosar os materiais, a fim de produzir um traço de concreto laterítico com substituição total do agregado graúdo pela laterita;
- Produzir um concreto laterítico em laboratório para avaliar a sua resistência à compressão;
- Comparar os resultados da resistência a compressão e consumo de cimento no traço de concreto convencional e concreto laterítico.

4. DESENVOLVIMENTO

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DA LATERITA COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO CONVENCIONAL

JANAINA PEREIRA SILVA¹
PRISCILLA ASSIS MENDONÇA²

RESUMO

Introdução: O concreto é o composto mais utilizado na construção civil, esse material é a mistura de agregados (brita, areia etc.), aglomerantes (cimento Portland), água e, em casos especiais, adições e aditivos. Atualmente, o ramo da engenharia civil busca por inovações voltadas para a tecnologia do concreto, em especial na área de agregados. Um dos métodos avaliados é a junção de gestão de resíduos em conjunto com a tecnologia dos materiais. Existe um tipo de concreto, o chamado laterítico com comportamento mecânico similar ao do concreto convencional, que pode ser utilizado com segurança em obras advertindo pequeno porte. **Objetivo:** analisar a viabilidade técnica da utilização do estéril de minério de origem laterítica do CMP (Complexo Mineral de Patrocínio) em substituição ao agregado graúdo convencional. **Materiais e métodos:** Este estudo foi idealizado na substituição total do agregado graúdo por laterita lavada, utilizando agregados e aglomerantes da região de Patrocínio/MG. O método de dosagem adotado para o desenvolvimento da pesquisa foi o ABCP e a substituição do agregado graúdo a partir da caracterização da laterita. **Resultados:** O trabalho se desenvolveu com base em ensaios de caracterização física dos componentes utilizados no concreto e determinação de dois traços sendo 1 para o concreto convencional, na proporção 1:2,14:2,37 (cimento: areia: brita), com um fator água/cimento de 0,5 e 0,03% de aditivo, já para o concreto laterítico na proporção 1:1,81:2,22 (cimento: areia: laterita), fator a/c de 0,5 e 1,2% de aditivo plastificante para concreto laterítico, submetidos a ensaios de resistência a compressão axial. **Conclusão:** O presente estudo exibiu como resultado a viabilidade técnica do concreto laterítico em relação ao concreto convencional nos parâmetros de resistência a compressão axial e consumo de cimento.

Palavras chave: Laterita. Concreto. Concreto laterítico. Agregados alternativos.

ABSTRACT

¹ Autora, Graduanda em Engenharia Civil pelo UNICERP.

² Orientadora, Professora da Graduação do UNICERP, Especialista em Patologia das Construções e Construção Civil.

Introduction: the concrete is the most widely used compound in construction. This material is a mixture of aggregates (crushed stone, sand etc.), binders (Portland cement), water and, in special cases, additions and additives. Currently the branch of civil engineering search for innovations geared to concrete technology, particularly in the area of aggregates. One of the methods evaluated is the junction of waste management in conjunction with the technology of materials. There is a concrete type, called laterite with mechanical behavior similar to that of conventional concrete, which can be safely used in small works. **Objective:** to analyze the technical feasibility of the use of sterile source ore CMP laterítica (Mineral Complex of Sponsorship) replacing the coarse aggregate. **Materials and methods:** this study was designed to replace total coarse aggregate by laterite washed, using aggregates and binders in the Sponsorship/MG. The dosing method adopted for the development of research was the ABCP and the replacement of coarse aggregate from the characterization of laterite. **Results:** the work is developed on the basis of physical characterization tests of components used in concrete and determination of two strokes being 1 for conventional concrete, in proportion 1:2.14:2.37 (cement: sand: gravel), with a water factor/ 0.5 cement and 0.03% additive, concrete laterite in the proportion 1:1.81:2.22 (cement: sand: laterite), a/c factor 0.5 and 1.2% additive plasticizer for concrete laterite, subjected to axial compression tests. **Conclusion:** the present study exhibited as a result of technical feasibility of concrete laterite compared to conventional concrete in the parameters of resistance to axial compression and cement consumption.

Key words: Laterite. Concrete. Concrete laterite. Alternative aggregates.

4.1 INTRODUÇÃO

O concreto é o composto mais utilizado na construção civil. Esse material é a mistura de agregados (brita, areia, etc.), aglomerantes (cimento portland) e água podendo possuir, ou não, aditivos funcionais. Ao hidratar o cimento com água forma-se uma pasta que adere aos agregados, tornando a mistura de fácil moldagem e com alta resistência a compressão.

Atualmente a engenharia civil busca por inovações voltadas para a tecnologia do concreto, em especial na área de agregados. Um dos métodos avaliados é a junção de gestão de resíduos em conjunto com a tecnologia dos materiais, utilizando materiais alternativos e visando a redução dos impactos ambientais.

De acordo com Silveira M. D.(2015), o setor mais responsável pelo elevado consumo de recursos naturais é a construção civil, o que justifica a importância da ampliação do mercado com materiais alternativos, de modo a diminuir custos e principalmente reduzir o impacto ambiental. Silveira (2015) ainda destaca que o emprego do estéril proveniente da mineração, devido ao elevado quantitativo de resíduos gerados no decorrer do seu processo produtivo.

Existe um tipo de concreto, chamado laterítico, com comportamento mecânico similar ao do concreto convencional. Ele pode ser utilizado com segurança como material de construção civil com grande viabilidade econômica, nas obras de engenharia de menor porte.

4.2 REVISÃO DE LITERATURA

4.2.1 Concreto

O concreto é um composto proveniente da mistura entre agregados (graúdo e miúdo), cimento, água e, quando necessários, aditivos e adições para a melhoria da performance do material.

De acordo com Leonhardt e Mönnig (1979) o concreto convencional é constituído através da mistura entre a pasta e os agregados, podendo ocorrer de duas formas: in loco (fabricado na obra na betoneira) ou usinado (fabricado em indústrias, transportados por caminhões betoneiras, bombeados e vibrados em seu destino final).

Também Lima et. Al., (2014), ressalta que os agregados com dimensões superiores a 4,75mm, são denominados como agregados graúdos e os inferiores a estas, agregados miúdos.

As propriedades químicas e físicas dos componentes do concreto influenciam nas propriedades mecânicas finais desse composto, sendo o cimento o seu principal componente.

4.2.2 Concreto laterítico

Nogami e Villibor, 1983 (apud Lovato 2004), citado por Araújo R. B. (2009) determina que a laterita provém de solos formados pela ação do intemperismo, geralmente encontradas nas áreas drenadas em camadas superficiais. Elas apresentam predominantemente em seu estado natural, coloração vermelha ou amarela, com estrutura isotrópica e homogênea. Nogami e Villibor (1983) ainda ressalta que sua composição mineralógica possui presença de quartzo entre outros minerais com alta resistência química e mecânica como o zircão, a magnetita, turmalina e a irmelita. A parcela fina é constituída por argilo-minerais, tais como hidróxido e óxido de alumínio e ferro.

De acordo com Adepegba (1982), o concreto laterítico consiste em um concreto produzido através da substituição dos agregados graúdos pela laterita. Os valores relativos a resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e aderência dos corpos-de-prova de concreto laterítico foram analisados empregando diversos métodos de tratamento ao agregado graúdo (laterita). Adepegba (1982) ainda ressalta que os tratamentos anteriores ao uso dos agregados lateríticos podem consistir em peneiramento e/ou lavagem. A resistência desta mistura está ligada diretamente com o teor de cimento utilizado.

Pompeu (1976 apud Conceição 1996) analisou as propriedades mecânicas do concreto laterítico, utilizando inúmeras misturas com dosagens e fatores água/cimento diferentes. Ele concluiu que o mesmo apresentava comportamento similar ao do concreto convencional, podendo ser utilizado com segurança como material de construção civil com grande viabilidade econômica, nas obras de engenharia de menor porte.

Ainda Chagas Filho (1986), chegou a um consumo de cimento de 358kgf/m^3 de concreto, com traço 1:2,3:2,7, com resistência de 20,0 Mpa aos 28 dias para agregados lateríticos sem lavagem. Quanto a resistência a tração (f_{ct}) pelo ensaio à compressão diametral, proporciona valores entre 8 e 12% da resistência a compressão simples, mesmo intervalo comumente obtido para o concreto convencional.

Segundo Chagas Filho (1986), obteve-se estimativas de resistência mecânica do concreto laterítico utilizando vários métodos de tratamento da laterita como agregado graúdo. O tratamento mais empregado consiste em peneiramento e lavagem dos agregados na peneira de 4,75mm de diâmetro.

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho baseou-se no estudo experimental em laboratório, com a finalidade de avaliar a viabilidade técnica e o comportamento mecânico do concreto laterítico quanto aos esforços de compressão.

Foram efetuadas pesquisas bibliográficas a respeito do emprego de agregados lateríticos em concretos convencionais, onde percebeu-se que é mais viável a utilização da fração mais granular da laterita.

Primeiramente efetuou-se a coleta da amostra do material no CMP. Foram adotados procedimentos de peneiramento e lavagem do material para seu uso no concreto. Na laterita

lavada, foram realizados ensaios de caracterização física com a intenção de verificar sua conformidade para uso de acordo com a ABNT NBR 7211:2009/Agregados para concreto- Especificações.

Posteriormente foram selecionados agregados e cimento usuais na região da cidade de Patrocínio/MG. Para os materiais citados também foram realizados ensaios de caracterização física para a análise da conformidade em relação à ABNT NBR 7211:2009- Agregados para concreto- Especificações. Foram utilizados como agregados a brita 1 basáltica proveniente da região de Araguari, areia industrial da região de Varjão de Minas e a fração granular graúda da laterita. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CII-E-32 da marca Campeão.

4.3.1 Agregados lateríticos

Foram coletadas as amostras do estéril de minério (laterita) no Complexo Mineral De Patrocínio- CMP e encaminhados ao laboratório de materiais da UNICERP. Após esse procedimento, a amostra foi levada a estufa 60°C para a secagem, houve a pré-seleção da laterita, a partir do peneiramento na peneira de malha de 4,75 mm e lavagem para ser utilizada como agregado graúdo. Posteriormente o material foi levado a estufa aos 100°C e na sequência submetido aos ensaios de caracterização física.

4.3.2 Caracterização dos agregados convencionais

Os agregados utilizados para o experimento com concreto tradicional foram brita 1 basáltica proveniente da região de Araguari e a areia industrial da região de Varjão de Minas e como aglomerante o cimento Portland da marca Campeão. Esses materiais foram levados ao laboratório e secos em estufa 100°C, exceto o cimento. Em seguida foram caracterizados de acordo com os critérios vigentes por norma, conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1-Identificação dos ensaios de caracterização dos agregado efetuados em laboratório

ENSAIO	MÉTODO
Análise granulométrica	ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica (ABNT, 03)
Determinação da massa específica- Agregado Miúdo	ABNT NBR 9776:1988 - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman (ABNT, 88)
Determinação da massa unitária- Agregado Miúdo e Graúdo	ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios (ABNT, 06)
Determinação da massa específica- Agregado Graúdo	ABNT NBR ABNT NBR 53:2003 - Agregado Graúdo - Determinação da massa específica aparente e absorção de água (ABNT,03)
Massa específica- Cimento	ABNT NM 23:2000 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação das massas específicas (NM, 00)
Material pulverulento- Agregado Miúdo e Graúdo	ABNT NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira 75µm, por lavagem (ABNT, 03)
Índice de forma- Agregado Graúdo	ABNT NBR 7809:2005 - Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro (ABNT, 05)

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.3 Dosagem

O método de dosagem escolhido foi o ACI/ABCP, onde é obtido o traço de acordo com as características dos agregados, cimento e consistência desejada. Esta dosagem consiste em uma adaptação do método ACI (American Concrete Institute), que é um método de origem americana bem renomado.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), a dosagem apresenta a proporção apropriada e forma mais econômica em relação aos materiais utilizados na confecção de concretos para consistência fluida ou plástica.

O método ABCP apresenta através das características dos materiais as quantidades aproximadas a serem utilizadas, fator água/cimento e consumo de cimento (kg/m³). Após essa determinação é necessário verificar através de uma dosagem experimental se o traço atenderá aos requisitos em estados fresco e endurecido ou se será necessária alguma adaptação.

Para o presente estudo, arbitrou-se um traço que atendesse a uma resistência característica a compressão (f_{ck}) de 25 MPa em campo, devendo chegar em laboratório a pelo menos 32 MPa, levando em consideração os parâmetros de desvio padrão para estados fresco e endurecido

4.3.4 Preparo do traço e moldagem dos corpos de prova

4.3.4.1 Concreto convencional

Inicialmente foi desenvolvido o cálculo do traço teórico a partir do método de dosagem ABCP do concreto utilizando o agregado graúdo brita 1 basáltica, o agregado miúdo areia industrial e o aglomerante cimento CP II E 32 da marca Campeão.

Para a liberação para uso, o método ABCP preconiza a realização do traço experimental em laboratório e se realizem as adaptações para atendimento no estado fresco e endurecido do concreto.

Os materiais foram pesados e separados e a betoneira umedecida evitando que a mesma absorvesse a água da mistura. Logo após, iniciou o preparo do concreto, adicionando os materiais de acordo com a ordem decrescente dos grãos. Primeiro colocou a brita juntamente com a metade da água misturando por cerca de dois minutos na betoneira. Após esse processo, adicionou-se a areia homogeneizando a mistura por 1 minuto. Posteriormente, adicionou-se o cimento com a outra metade da água e o aditivo plastificante misturando por mais 5 minutos.

Em seguida, a mistura passou por avaliação do atendimento da consistência a partir do ensaio do abatimento do tronco de cone (Slump Test) segundo a norma NBR NM 67:1998- Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Confirmada a consistência do concreto moldou-se 4 CPS, corpos de prova, em moldes de dimensões 10x20cm conforme descrito na NBR 5738:2003- Concreto- Procedimento para a moldagem e cura de corpos de prova. Para a confecção dos corpos de prova os moldes foram lubrificadas com desmoldantes, para facilitar a retirada do concreto.

Por último, os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas da moldagem e submersos em tanque com água até a idade dos rompimentos.

Todos os 4 corpos de prova foram usados no ensaio de resistência axial a compressão de acordo com a norma NBR 5739:2007- Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

4.3.4.2 Concreto laterítico

No concreto laterítico, foi realizada uma revisão da dosagem, seguindo os mesmos parâmetros de resistência característica e consistência do concreto convencional. Nesta mistura houve a substituição do agregado graúdo pela laterita lavada.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.4.1 Caracterização física dos agregados

Para a determinação do traço do concreto foi necessária a caracterização física dos materiais utilizados de acordo com suas respectivas normas. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2- Ensaio de caracterização dos agregados- concreto convencional

ENSAIO	NORMA	RESULTADO OBTIDO	
Análise granulométrica dos agregados	NBR 248(ABNT, 03)	Dimensão máxima característica do agregado graúdo	19,0 mm
		Módulo de finura do agregado miúdo	3,16
Massa específica - Areia industrial	NBR 9776(ABNT,88)	2660kg/m ³	
Massa específica - Brita 1	NBR 53 (ABNT,03)	2980kg/m ³	
Massa específica - Cimento	NM 23(NM,00)	2910kg/m ³	
Massa unitária - Areia Industrial	NBR 45(ABNT, 06)	1577kg/m ³	
Massa unitária agregado graúdo compactado - Brita 1	NBR 45 (ABNT, 06)	1543,1kg/m ³	
Percentual de material pulverulento	NBR 46 (ABNT, 03)	1,20%	
Índice de forma do agregado graúdo	NBR 7809 (ABNT, 05)	1,9	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3-Ensaio de caracterização dos agregados- Concreto Laterítico

ENSAIO	NORMA	RESULTADO OBTIDO	
Análise granulométrica dos agregados	NBR 248(ABNT, 03)	Dimensão máxima característica do agregado graúdo	25,0 mm
		Módulo de finura do agregado miúdo	3,16
Massa específica - Areia industrial	NBR 9776(ABNT,88)	2660kg/m ³	
Massa específica - Laterita	NBR 53 (ABNT,03)	2690kg/m ³	
Massa específica - Cimento	NM 23(NM,00)	2910kg/m ³	
Massa unitária - Areia Industrial	NBR 45(ABNT, 06)	1577kg/m ³	
Massa unitária agregado graúdo compactado - Laterita	NBR 45 (ABNT, 06)	1491,8kg/m ³	
Percentual de material pulverulento	NBR 46 (ABNT, 03)	_***	
Índice de forma do agregado graúdo	NBR 7809 (ABNT, 05)	2	
*** COMO FOI UTILIZADO LATERITA LAVADA CONSIDERAR 0%			

Fonte: Dados da pesquisa

4.4.2 Traço convencional

Através do método ACI/ABCP foi encontrado um traço na proporção de 1:2,14:2,37 (cimento: areia: brita) com um fator água/cimento de 0,50. Após a execução do concreto, a mistura não apresentou um resultado satisfatório no ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test), sendo necessária a adição 0,3% de aditivo plastificante, dosado em da massa de cimento utilizada, para melhorar a trabalhabilidade.

4.4.3 Traço Laterítico

Para o traço laterítico o método ACI/ABCP exibiu um traço de 1:1,99:2,44 (cimento: areia: brita) com o fator água/cimento 0,5. Ao iniciar a mistura observou-se que a mesma não estava apresentando uma trabalhabilidade adequada, sendo necessária a correção do traço quanto a consistência, passando a ser 1:1,81:2,22 com fator a/c de 0,5.

Para que a consistência se adequasse a exigida, 100mm ± 20mm, utilizou-se também a proporção limite de aditivo plastificante 1,2% do percentual de cimento.

4.4.4 Slump Test

Para ambos os traços, como foi arbitrada a consistência plástica da mistura com o abatimento de 100mm para a dosagem ABCP. Os valores encontrados no decorrer dos ensaios estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 4-Slump Test

TRAÇO	ABATIMENTO(mm)		MÉDIA(mm)
Concreto Convencional	Leitura 01(mm)	96	98,7
	Leitura 02(mm)	110	
	Leitura 03(mm)	90	
Concreto Laterítico	Leitura 01(mm)	130	90,0
	Leitura 02(mm)	60	
	Leitura 03(mm)	80	

Fonte: Dados da pesquisa

Como pode ser observado na Tabela 4, a média dos valores encontrados no slump test ficaram dentro da faixa de consistência arbitrada.

4.4.5 Resistência a compressão axial

Após a realização do *slump test*, ambas as misturas foram utilizadas para moldagem dos corpos de prova. Para cada concreto foram moldados 4 corpos de prova, sendo 2 para a avaliação de resistência aos 7 dias e 2 para a avaliação os 28 dias, para teste de resistência a compressão axial conforme a ABNT NBR 5739:2018- Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico.

Chegada a idade de rompimento, os corpos de provas foram retirados do tanque e campeados com enxofre. Ao rompê-los apresentaram resultados conforme demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5- Resistencia a compressão axial

MATERIAL	RESISTENCIA À COMPRESSÃO (Mpa)				
	CP1(7dias)	CP2(7dias)	CP3(28dias)	CP4(28dias)	MÉDIA
Concreto Convencional	22,37	19,35	30,84	29,04	29,94
Concreto Laterítico	21,57	20,44	27,95	27,65	27,8

Fonte: Dados da pesquisa

Diante do resultado, nota-se que a resistência à compressão axial do concreto convencional está abaixo da estabelecida no traço. Porém, de acordo com a curva de evolução média de resistência a compressão dos diferentes tipos de cimento Portland estabelecida pela ABCP, a projeção baseada nos resultados apresentados aos 7 dias a resistência atende devido aos dados pré-determinados pela curva. Sendo assim, o ocorrido pode ser justificado com o fato e mal moldagem dos corpos de prova analisado aos 28 dias.

Quanto ao concreto laterítico ao desmoldar os corpos de prova, após as 24 horas, notou-se um retardo prolongado do endurecimento do concreto, sendo necessária a desmoldagem dos mesmos após 48 horas da moldagem. Ocorrido esse fato inesperado, entrou-se em contato com o fabricante do aditivo que justificou o fato a alta dosagem do aditivo plastificante, 1,2% sobre a massa do cimento, o que gerou um retardo no início de pega do material. O fornecedor ressaltou também que além do retardo da cura, o aditivo não apresenta nenhum efeito negativo na mistura, não alterando a resistência a abrasão e nem interferindo na porosidade.

4.4.6 CONSUMO DE CIMENTO

Diante dos resultados encontrados nos ensaios pela metodologia ABCP, foram obtidos os consumos de 441,5 kg/m³ de cimento para o concreto convencional e 458,8kg/m³ para o laterítico. Com análise nesses resultados, pode-se concluir que o concreto laterítico apresenta viabilidade no quesito consumo de cimento, pois apresenta consumo de apenas 3,92% superior ao concreto convencional para o mesmo método de dosagem.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo exibiu como resultado a viabilidade técnica em relação à resistência do concreto laterítico em relação ao concreto convencional.

Observa-se que o concreto laterítico apresentou resultados semelhantes ao concreto convencional para resistência e consumo de cimento por m³. Quanto a trabalhabilidade, o material apresentou a necessidade de um maior teor de pasta e aditivo plastificante, no entanto, percebeu que o concreto laterítico rompeu somente na laterita, o que poderia reduzir o percentual de pasta, não alterando tanto na resistência.

Deste modo foi possível apresentar uma dosagem de concreto utilizando a laterita como agregado graúdo e com isso mostrando uma ação positiva como alternativa a reduzir o impacto ambiental gerado pela extração de minério de fosfato.

Portanto, a laterita se demonstrou eficiente como material substituto ao agregado graúdo utilizado na construção civil. No entanto, a mesma necessita de um maior controle tecnológico para se enquadrar na granulometria normalmente utilizada entre outros aspectos ressaltantes.

4.6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Resistência a longo prazo do concreto laterítico;
- Resistência a abrasão do concreto laterítico;

4.7 AGRADECIMENTO

A empresa MOSAIC Fertilizantes pela disponibilização do estéril de fosfato, laterita, para a realização da pesquisa.

4.8 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto –

Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos- de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados- Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira 75 μm , por lavagem. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ADEPEGBA, D. Effect of vergying sand content in lacterized concret - The Int. Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, v. 4, n.4. 1982.

AZEVEDO, A.B. (1982). **A laterita Acreana Utilizada como agregado graúdo no concreto.** São Carlos. 78p. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CHAGAS FILHO, M. B; PERAZZO BARBOSA, N.: Pesquisa sobre concreto laterítico, Resultados Iniciais. XXIV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural - II Simpósio Helene, P.; Terziam. P. 1992. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. PINI / SENAI. São Paulo, SP. 189 pp (in portuguese).

LIBORIO, J. B. L.; Futida, J. E. C. Utilização do agregado graúdo laterítico em concretos de elevado desempenho. PIBIC/USP/CNPq. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade

de São Paulo, USP, São Carlos, SP, 2005.

MELFI, A. J. Lateritas e Processos de lateritização. Publicação 093/94. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, São Paulo, 1997.

MOIZINHO, J.C. (2007). Caracterização e Uso de Agregados Lateríticos do Distrito Federal e do Estado de Roraima em CBUQ Tese de Doutorado, Publicação G.DM-043A/07, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 288 p.

Neto, B.B.P. 1976. Um estudo sobre as propriedades de resistência mecânica de concreto laterítico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB. 132 pp (in portuguese).

QUEIROZ DE CARVALHO, J.B. et al. Estudo de solos lateríticos: definição e classificação. 21ª Reunião Anual de Pavimentação. Salvador-Ba. set. 1986.

SOUZA, A.C.G.; FERRAZ, C. P. Algumas considerações sobre possibilidade de utilização de laterita com o agregado na composição do concreto de cimento Portland. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1979.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÃO

O presente estudo exibiu como resultado a viabilidade técnica em relação à resistência do concreto laterítico em relação ao concreto convencional.

Observa-se que o concreto laterítico apresentou resultados semelhantes ao concreto convencional para resistência e consumo de cimento por m³. Quanto a trabalhabilidade, o material apresentou a necessidade de um maior teor de pasta e aditivo plastificante, no entanto, percebeu que o concreto laterítico rompeu somente na laterita, o que poderia reduzir o percentual de pasta, não alterando tanto na resistência.

Deste modo foi possível apresentar uma dosagem de concreto utilizando a laterita como agregado graúdo e com isso mostrando uma ação positiva como alternativa a reduzir o impacto ambiental gerado pela extração de minério de fosfato.

Portanto, a laterita se demonstrou eficiente como material substituto ao agregado graúdo utilizado na construção civil. No entanto, a mesma necessita de um maior controle tecnológico para se enquadrar na granulometria normalmente utilizada entre outros aspectos ressaltantes.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos- de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados- Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ADEPEGBA, D. Effect of vergying sand content in lacterized concret - The Int. Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, v. 4, n.4. 1982.

AZEVEDO, A.B. (1982). **A laterita Acreana Utilizada como agregado graúdo no concreto.** São Carlos. 78p. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CHAGAS FILHO, M. B; PERAZZO BARBOSA, N.: Pesquisa sobre concreto laterítico, Resultados Iniciais. XXIV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural - II Simpósio Helene, P.; Terziam. P. 1992. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. PINI / SENAI. São

Paulo, SP. 189 pp (in portuguese).

LIBORIO, J. B. L.; Futida, J. E. C. Utilização do agregado graúdo laterítico em concretos de elevado desempenho. PIBIC/USP/CNPq. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP, 2005.

MELFI, A. J. Lateritas e Processos de lateritização. Publicação 093/94. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, São Paulo, 1997.

MOIZINHO, J.C. (2007). Caracterização e Uso de Agregados Lateríticos do Distrito Federal e do Estado de Roraima em CBUQ Tese de Doutorado, Publicação G.DM-043A/07, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 288 p.

Neto, B.B.P. 1976. Um estudo sobre as propriedades de resistência mecânica de concreto laterítico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB. 132 pp (in portuguese).

QUEIROZ DE CARVALHO, J.B. et al. Estudo de solos lateríticos: definição e classificação. 21ª Reunião Anual de Pavimentação. Salvador-Ba. set. 1986.

SOUZA, A.C.G.; FERRAZ, C. P. Algumas considerações sobre possibilidade de utilização de laterita com o agregado na composição do concreto de cimento Portland. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1979.

6 APÊNDICES

APÊNDICE A – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS UTILIZADOS

Tabela 6- Análise granulométrica da laterita

MATERIAL: Laterita		QUANTIDADE: 5000g	
Peneira (Mm)	Massa Retida (G)	%Retido	%Retido Acumulado
25	0,0	0,0	0
19	345,9	6,9	6,9
12,5	1122,1	22,4	29,4
9,5	783,9	15,7	45,1
6,3	1544,4	30,9	75,9
4,75	1037,1	20,7	96,7
2,36	144,6	2,9	99,6
1,18	1,9	0,0	99,6
0,6	0,7	0,0	99,6
0,3	0,9	0,0	99,7
0,15	1,2	0,0	99,7
fundo	15,9	0,3	100,0
TOTAL	4998,6	100	
MODULO DE FINURA		7,5	
DIMENSÃO MAX. CARACTERÍSTICA		25,0 mm	
PERDAS:		1,4g ou 0,028%	

Fonte: Dados da pesquisa

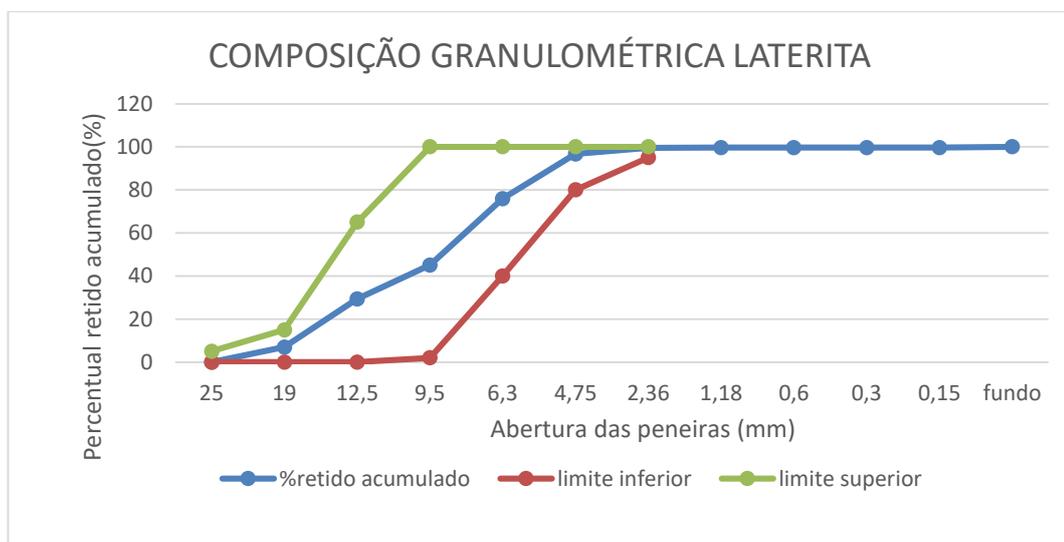


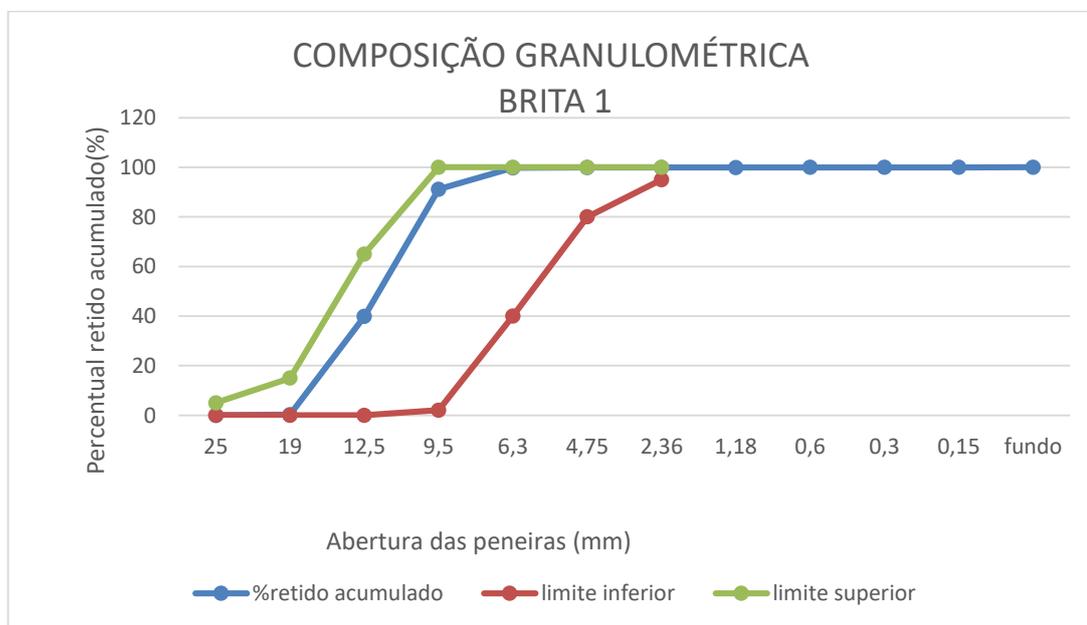
Figura 1- Composição granulométrica da Laterita

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 7- Análise granulométrica da brita

MATERIAL: Brita 1		QUANTIDADE: 5000g	
Peneira (mm)	massa retida(g)	%retido	%retido acumulado
25	0,0	0,0	0
19	10,0	0,2	0,2
12,5	1975,8	39,6	39,8
9,5	2562,6	51,3	91,1
6,3	429,9	8,6	99,7
4,75	6,6	0,1	99,9
2,36	1,2	0,0	99,9
1,18	0,4	0,0	99,9
0,6	0,4	0,0	99,9
0,3	0,3	0,0	99,9
0,15	0,4	0,0	99,9
fundo	3,4	0,1	100,0
TOTAL	4991,0	100,0	
MODULO DE FINURA		6,9	
DIMENSÃO MAX. CARACTERÍSTICA		19mm	
PERDAS:		9g ou 0,09%	

Fonte: Dados da pesquisa

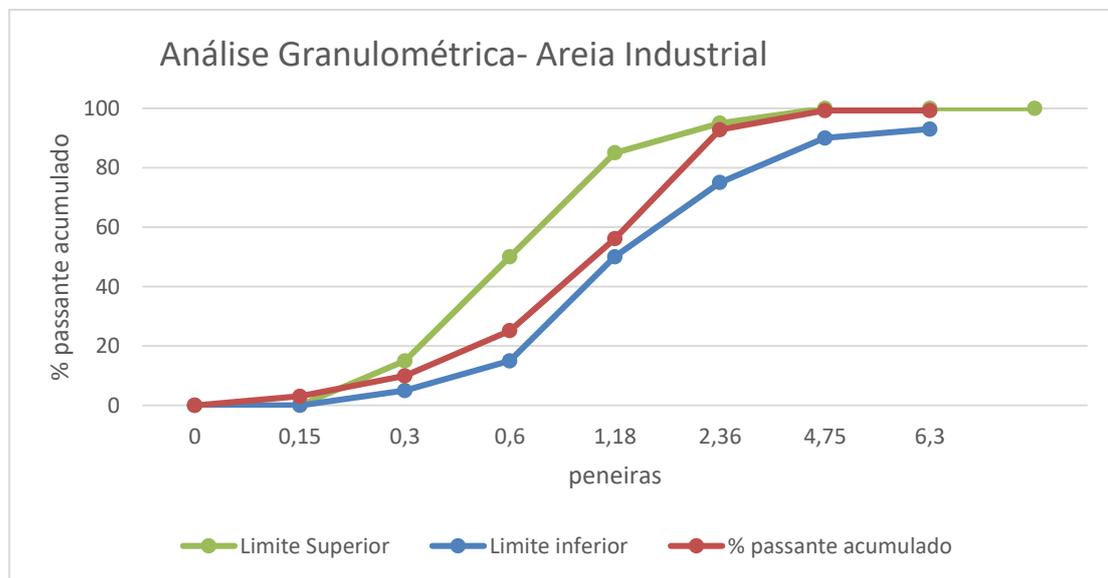
**Figura 2-** Composição granulométrica da Brita

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 8- Análise granulométrica da areia

MATERIAL: Areia Industrial		QUANTIDADE: 5000g	
Peneira (mm)	massa retida(g)	%retido	%retido acumulado
25	0	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00
12,5	0	0,00	0,00
9,5	0	0,00	0,00
6,3	3,8	0,76	0,76
4,75	0	0	0,76
2,36	32	6,42	7,18
1,18	183,1	36,72	43,9
0,6	154,4	30,97	74,87
0,3	75,9	15,22	90,09
0,15	34,3	6,88	96,97
Fundo	15,1	3,02	100,00
Total	498,6	100,00	
MODULO DE FINURA		3,14	
DIMENSÃO MAX. CARACTERÍSTICA		4,75mm	
PERDAS:		9g ou 0,09%	

Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 3-** Composição granulométrica da areia

Fonte: Dados da pesquisa

APÊNDICE B – DOSAGEM DO CONCRETO PELO MÉTODO ABCP- Concreto convencional

1° Resultados dos ensaios

Tabela 9- Resultados dos ensaios realizados (Concreto Convencional)

Fck	25 Mpa
Massa específica do agregado miúdo	2660 kg/m ³
Massa unitária do agregado graúdo	1543,1 kg/m ³
Massa unitária do agregado miúdo	1577,45 kg/m ³
Diâmetro máximo do agregado graúdo	19 mm
Modulo de finura do agregado miúdo	3,16
Massa específica do agregado graúdo	2980 kg/m ³
Abatimento do tronco de cone (Slump Test)	100 ± 20 mm
Massa específica do cimento	2880 kg/m ³

Fonte: Dados da pesquisa

2° Condição de preparo em função do desvio padrão (SD)

Para a determinação do SD são analisadas 3 condições A, B E C. O caso analisado se enquadra na condição A onde o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa e volume com dispositivo dosador e corrigida em função das umidades dos agregados. Portanto o valor encontrado para SD será de 4 Mpa.

3° Determinação da resistência f_{c28}

$$f_{c28} = f_{ck} + 1,65 * SD(1)$$

Onde:

f_{c28} = resistência esperada aos 28 dias em Mpa; f_{ck} = determinado no início;

Sd = determinado em função do desvio padrão

Substituído os valores na equação 1:

$$f_{c28} = 25 + 1,65 * 4$$

$$f_{c28} = 31,6 \text{ Mpa}$$

Portanto o $f_{c28} = 32 \text{ Mpa}$

4° Escolha do fator a/c em função da curva de Abrams do cimento

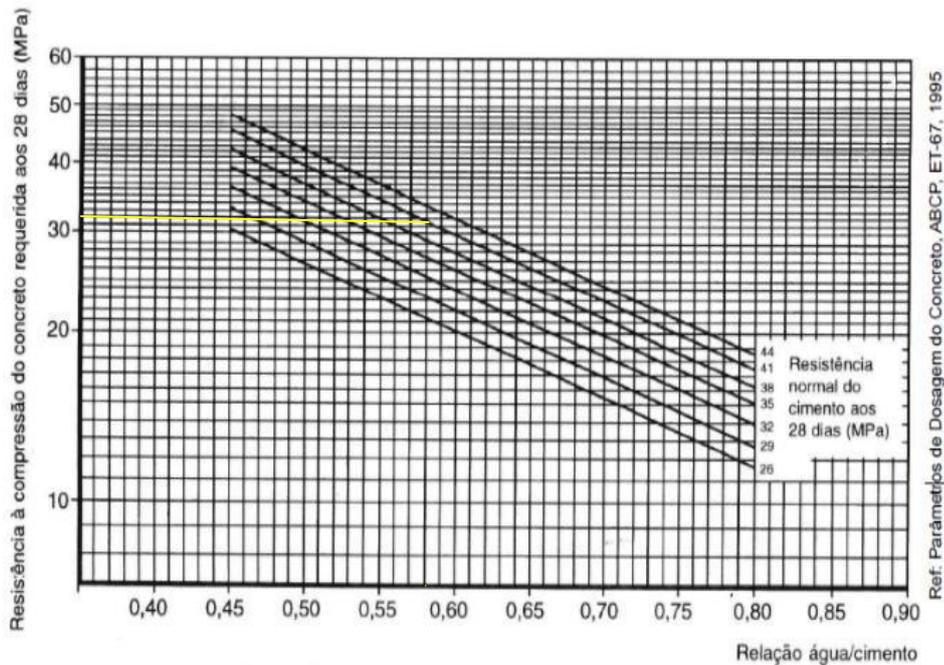


Figura 4-Curva de Abrams

Fonte: ABCP, 1996

Portando $a/c = 0,5$.

5° Determinação do consumo de água (Ca)

O consumo de água é adquirido pelo diâmetro máximo do agregado graúdo e pelo Slump Test, conforme a tabela abaixo.

Tabela 10- Consumo de água

Consumo de água aproximado (L/m ³)					
Abatimento (mm)	Dmáx. Agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: ABCP, 1996

Como temos diâmetro máximo de 19 mm, obteve-se um consumo de 205L/m³, ou seja, 205kg/m³

6° Consumo de cimento

Obtido através da fórmula:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} \quad (2)$$

Sendo:

C_c = consumo de cimento em Kg/m³;

C_a = consumo de água, determinado anteriormente, sendo 217,5Kg/m³;

a/c = determinada pelo ábaco.

Substituindo os valores na fórmula:

$$C_c = \frac{205}{0,5} \quad (2)$$

$$C_c = 410 \text{ Kg/m}^3$$

Portanto o consumo de cimento será de 410 Kg/m³.

7° Consumo do agregado graúdo – Brita 1

O volume é apontado através da seguinte tabela:

Tabela 11- Volume de brita

MF	Dimensão máxima dos agregados (mm)					
	9,5	19,5	25,0	32,0	38,0	
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845	V
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825	O
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805	L
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785	
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765	B
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745	R
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725	I

Fonte: ABCP, 1996

Após a determinação do volume, utiliza-se a fórmula 3 para determinar o consumo do agregado:

$$C_b = V_b * \delta \text{ b(3)}$$

Onde:

C_b = consumo da brita em Kg/m³;

V_b = volume do agregado graúdo;

δb = massa unitária do agregado graúdo em Kg/m^3 .

Substituindo os valores temos:

$$C_b = 0,630 * 1543,1 \quad C_b = 972,15 \text{ Kg/m}^3$$

Assim, o consumo de brita será de $972,15 \text{ Kg/m}^3$.

8° Determinação do consumo do agregado miúdo (Areia Industrial)

Inicialmente se determina o volume do agregado miúdo, através da fórmula 4:

$$V_{\text{areia}} = 1 - \frac{\text{cimento}}{\delta_{\text{cimento}}} + \frac{\text{brita}}{\delta_{\text{brita}}} + \frac{\text{água}}{\delta_{\text{água}}}$$

Onde:

V_{areia} = volume de areia em m^3 ;

Cimento = consumo de cimento

Brita = consumo de brita

Água = consumo de água

δ Cimento = massa específica do cimento

δ Brita = massa específica da brita, sendo 2930 Kg/m^3 ;

δ Água = massa específica da água, sendo 1000 Kg/m^3 ;

Substituído os valores temos:

$$V_{areia} = 1 - \frac{410}{2910} + \frac{972,15}{2980} + \frac{205}{1000}$$

$$V_{areia} = 0,33m^3$$

Assim, o volume da areia é de 0,33 m³

o consumo de areia é calculado de acordo com a fórmula 5:

$$C_{areia} = V_{areia} \cdot \delta_{areia}(5)$$

Sendo:

C_{areia} = consumo de areia em Kg/m³;

δ_{Areia} = massa específica da areia em Kg/m³;

Substituído os valores:

$$C_{areia} = 0,33 \cdot 2660$$

$$C_{areia} = 872,8Kg / m^3$$

Assim, o consumo da areia é de 872,8Kg/m³.

9º Apresentação do traço

O traço é apresentado através da seguinte expressão:

$$\frac{Cc}{Cc} + \frac{C_{areia}}{Cc} + \frac{C_{brita}}{Cc}(6)$$

Onde:

C_c = consumo de cimento em Kg/m³;

C_{areia} = consumo de areia em Kg/m³;

C_{brita} = consumo de brita Kg/m³;

$C_{\acute{a}gua}$ = consumo de \acute{a}gua em Kg/m³;

Substituindo os respectivos valores na equa\c3o\c3o 6 temos:

$$\frac{410}{410} + \frac{872,48}{410} + \frac{972,15}{410}$$

$$1: 2,14 : 2,37: 0,50$$

O tra\c3o ser\c3a 1: 2,14 : 2,37: 0,50

AP\c3NDICE B – DOSAGEM DO CONCRETO PELO M\c3TODO ABCP- Concreto Later\c3tico

1\c3 Resultados dos ensaios

Tabela 12- Resultados dos ensaios realizados (Concreto Later\c3tico)

Fck	25 Mpa
Massa espec\c3fica do agregado mi\c3do	2660 kg/m ³
Massa unit\c3ria do agregado gra\c3do	1491,8kg/m ³
Massa unit\c3ria do agregado mi\c3do	1577,45 kg/m ³
Di\c3metro m\c3ximo do agregado gra\c3do	25 mm
Modulo de finura do agregado mi\c3do	3,16
Massa espec\c3fica do agregado gra\c3do	2690 kg/m ³
Abatimento do tronco de cone (Slump Test)	100 ± 20 mm
Massa espec\c3fica do cimento	2880 kg/m ³

Fonte: ABCP, 1996

2° Condição de preparo em função do desvio padrão (SD)

Para a determinação do SD são analisadas 3 condições A, B E C. O caso analisado se enquadra na condição A onde o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa e volume com dispositivo dosador e corrigida em função das umidades dos agregados. Portanto o valor encontrado para SD será de 4 Mpa.

3° Determinação da resistência f_{c28}

$$f_{c28} = f_{ck} + 1,65 * SD \quad (1)$$

Onde:

f_{c28} = resistência esperada aos 28 dias em Mpa; f_{ck} = determinado no início;

Sd = determinado em função do desvio padrão

Substituído os valores na equação 1:

$$f_{c28} = 25 + 1,65 * 4$$

$$f_{c28} = 31,6 \text{ Mpa}$$

Portanto o $f_{c28} = 32 \text{ Mpa}$

4° Escolha do fator a/c em função da curva de Abrams do cimento

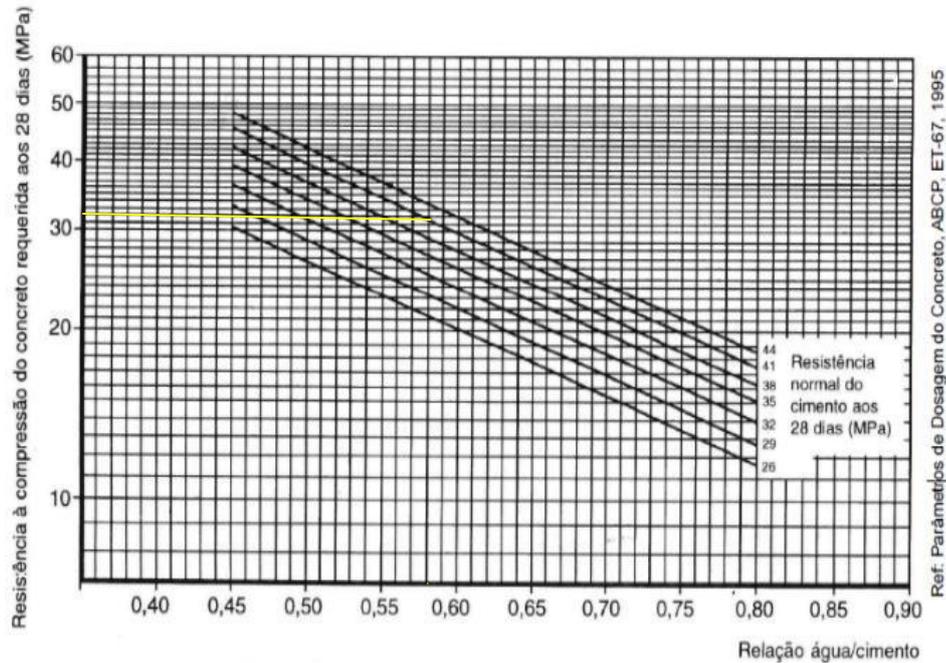


Figura 5- Curva de Abrams
Fonte: ABCP, 1996

Portando $a/c = 0,5$.

5° Determinação do consumo de água (Ca)

O consumo de água é adquirido pelo diâmetro máximo do agregado graúdo e pelo Slump Test, conforme a tabela abaixo.

Tabela 13- Consumo de brita

Consumo de água aproximado (L/m ³)					
Abatimento (mm)	D _{máx.} Agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: ABCP, 1996

Como temos diâmetro máximo de 25 mm, obteve-se um consumo de 200L/m³, ou seja, 200kg/m³

Consumo de cimento

Obtido através da fórmula:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} \quad (2)$$

Sendo:

C_c = consumo de cimento em Kg/m^3 ;

C_a = consumo de água;

a/c = determinada pelo ábaco.

Substituindo os valores na fórmula:

$$C_c = \frac{200}{0,5} \quad (2)$$

$$C_c = 400 \text{ Kg}/m^3$$

Portanto o consumo de cimento será de $400 \text{ Kg}/m^3$.

7º Consumo do agregado graúdo – Brita 1

O volume é apontado através da seguinte tabela:

Tabela 14- Volume de brita

MF	Dimensão máxima dos agregados (mm)					
	9,5	19,5	25,0	32,0	38,0	
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845	V
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825	O
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805	L
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785	.
						B
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765	
						R
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745	
						I
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725	

Fonte: ABCP, 1996

Após a determinação do volume, utiliza-se a fórmula 3 para determinar o consumo do agregado:

$$C_b = V_b * \delta b(3)$$

Onde:

C_b = consumo da brita em Kg/m³;

V_b = volume do agregado graúdo;

δb = massa unitária do agregado graúdo em Kg/m³. Substituindo os valores:

$$C_b = 0,655 * 1491,8 \quad C_b = 977,13 \text{ Kg/m}^3$$

Assim, o consumo de brita será de 977,13 Kg/m³.

8° Determinação do consumo do agregado miúdo (Areia Industrial)

Inicialmente se determina o volume do agregado miúdo, através da fórmula 4:

$$V_{\text{areia}} = 1 - \frac{\text{cimento}}{\delta_{\text{cimento}}} + \frac{\text{brita}}{\delta_{\text{brita}}} + \frac{\text{água}}{\delta_{\text{água}}}$$

Onde:

Vareia = volume de areia em m³;

Cimento = consumo de cimento

Brita = consumo de brita

Água = consumo de água

δ_{Cimento} = massa específica do cimento

δ_{Brita} = massa específica da brita em Kg/m³;

$\delta_{\text{Água}}$ = massa específica da água em Kg/m³;

Substituído os valores temos:

$$V_{\text{areia}} = 1 - \frac{400}{2910} + \frac{977,13}{2690} + \frac{200}{1000}$$

$$V_{\text{areia}} = 0,299\text{m}^3$$

Assim, o volume da areia é de 0,299 m³

o consumo de areia é calculado de acordo com a fórmula 5:

$$C_{areia} = V_{areia} \cdot \delta_{areia} (5)$$

Sendo:

C_{areia} = consumo de areia em Kg/m³;

δ_{Areia} = massa específica da areia em Kg/m³;

Substituído os valores:

$$C_{areia} = 0,2990 \cdot 2660$$

$$C_{areia} = 795,34 \text{Kg} / \text{m}^3$$

Assim, o consumo da areia é de 795,34Kg/m³.

9º Apresentação do traço

O traço é apresentado através da seguinte expressão:

$$\frac{C_c}{C_c} + \frac{C_{areia}}{C_c} + \frac{C_{brita}}{C_c} (6)$$

Onde:

C_c = consumo de cimento em Kg/m³;

C_{areia} = consumo de areia em Kg/m³;

C_{brita} = consumo de brita Kg/m³;

$C_{\acute{a}gua}$ = consumo de água em Kg/m³;

Substituindo os respectivos valores na equação 6 temos:

$$\frac{410}{410} + \frac{795,34}{410} + \frac{977,13}{410}$$

$$1: 1,99 : 2,44: 0,50$$

O traço será 1: 1,99 : 2,44: 0,5

CORREÇÃO DA DOSAGEM DO CONCRETO PELO MÉTODO ABCP

Houve a necessidade da correção do traço devido ao aumento na relação água/cimento , onde teve um aumento de 10% do valor inicial. Com base nesse acréscimo a massa de cimento houve um aumento proporcional passando a ser 4,4kg.

Assim o traço passou a ser 1:1,81:2,22:0,54

APÊNDICE D – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

Tabela 15-Concreto Convencional – Ensaio de compressão

CP1			
DIÂMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (m)	ÁREA DO CÍRCULO (m ²)	FORÇA (KN)	TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)
1,00	0,79	23,88	30,84

CP2			
DIÂMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (m)	ÁREA DO CÍRCULO (m ²)	FORÇA (KN)	TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)
0,99	0,77	22,53	29,04

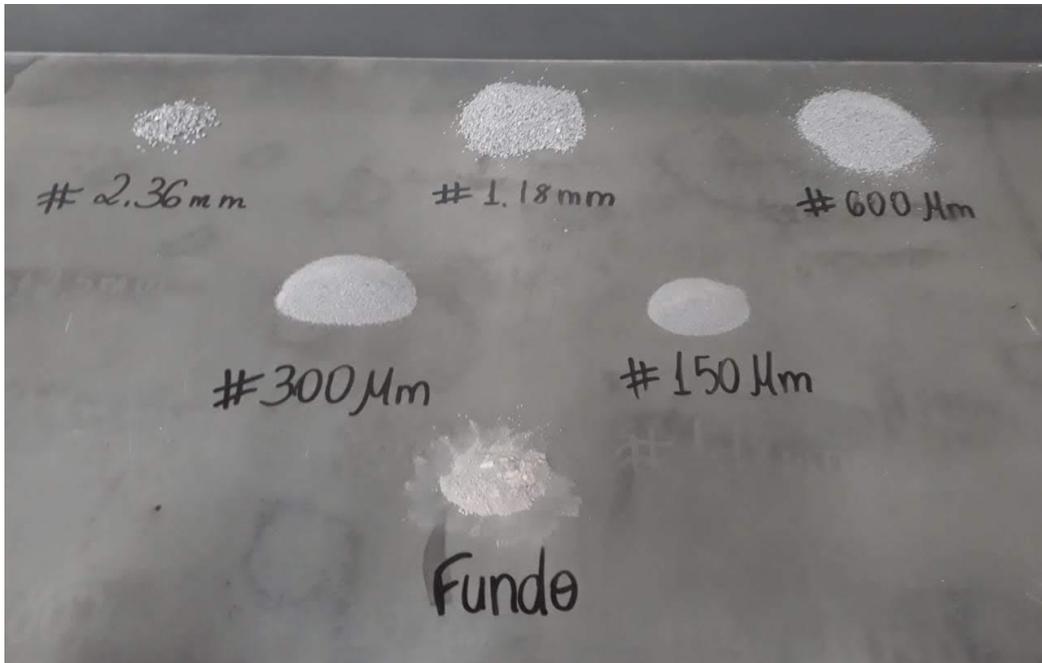
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 16-Concreto Laterítico – Ensaio de compressão

L1			
DIÂMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (m)	ÁREA DO CÍRCULO (m ²)	FORÇA (KN)	TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)
1,00	0,79	21,81	27,65

L2			
DIÂMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (m)	ÁREA DO CÍRCULO (m ²)	FORÇA (KN)	TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)
1,00	0,79	21,89	27,95

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE E- CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS AGREGADOS**Figura 6-** Granulometria do agregado Miúdo

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 7-** Granulometria da Laterita

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 8-Laterita em estado natural

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 9-Lavagem da laterita

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 10- Massa Unitária do Agregado Graúdo
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 11- Massa específica do Agregado Graúdo
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 12- Agitador de peneiras

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 13- Massa específica do Cimento

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 14- Índice de forma da laterita
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 15- Lavagem do Agregado Graúdo para ensaio de material pulverulento

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 16- Secagem do agregado graúdo para ensaio de material pulverulento
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 17- Massa Específica do Agregado miúdo
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 18- Pré – seleção da laterita
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 19- Confeção do concreto laterítico
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 20- Proporção de dosagem do concreto convencional
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 21- Slump test- Concreto Convencional
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 22-Rompimento- Corpo de prova Laterítico
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 23- Proporções de dosagem- Concreto Laterítico.
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 24- Corpos de provas nos moldes
Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 25- Rompimento do corpo de prova
Fonte: Dados da pesquisa.