



# **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

UDSON LOBO ATTIE

**PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE COM ADIÇÃO DE VERMICULITA  
EXPANDIDA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE FECHAMENTO**

Palmas - TO  
2019

UDSON LOBO ATTIE

**PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE COM ADIÇÃO DE VERMICULITA  
EXPANDIDA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE FECHAMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP-ULBRA)

Prof. Orientador *M.Sc.* Daniel Iglesias

Palmas – TO  
2019

UDSON LOBO ATTIE

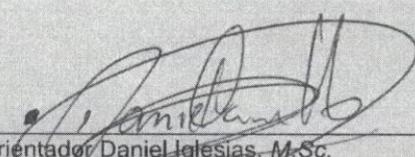
**PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE COM ADIÇÃO DE VERMICULITA  
EXPANDIDA PARA PRODUÇÃO DE PLACAS DE FECHAMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP-ULBRA).

Prof. Orientador M.Sc. Daniel Iglesias

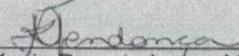
Aprovado em: 01/06/2019

**BANCA EXAMINADORA**



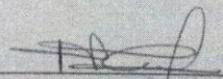
---

Prof. Orientador Daniel Iglesias, M.Sc.  
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA



---

Profª. Examinadora Kenia Parente Lopes Mendonça, Especialista  
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA



---

Profª. Examinadora Tailla Alves Cabral Brito, Especialista  
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Palmas – TO  
2019

## DEDICATÓRIA

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida e por ter me presenteado na terra com minha família, base para tudo.

Aliny Ortega Attie, companheira em todos os momentos e situações, mãe do presente duplo divino: Valentina Ortega e Helena Ortega.

Meu filho, companheiro e amigo Victor Ortega Attie.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente aos professores do curso de engenharia civil do CEULP- ULBRA, que cumpriram com louvor suas obrigações como formadores de profissionais capacitados para atuar com primazia e ética na realização de sonhos alheios e melhoria da qualidade de vida da população em geral.

Agradeço aos amigos que caminharam lado a lado nessa jornada acadêmica e que compartilharam conhecimentos e ideias, e aqui estamos!

Agradeço especialmente meu orientador, grande Mestre Daniel Iglesias, pela dedicação, companheirismo e paciência.

Muito obrigado!

*Não é o mais forte ou mais inteligente que sobrevive, mas sim,  
o que consegue lidar com a mudança.*

*Charles Darwin*

## RESUMO

ATTIE, Udson Lobo. Trabalho de Conclusão de Curso. 2019. **Produção de concreto leve com adição de vermiculita expandida para produção de placas de fechamento.** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Prof. Orientador *M.Sc. Daniel Iglesias.*

O presente estudo teve como objetivo demonstrar a viabilidade da adição de vermiculita expandida na produção de concreto leve a ser empregado na produção de placas de fechamento. O concreto leve é uma realidade no setor da construção civil mundial, já que possibilita a redução de custo e de extração de matéria prima da natureza, o que lhe confere características de sustentabilidade. A determinação do traço ideal para a produção das placas de fechamento se deu por meio da produção de corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência a compressão (ruptura) no laboratório de materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Palmas. Foram utilizados 04 traços distintos, sendo o T1 convencional (referência) com cimento, areia, seixo britado, e água, 03 traços (T2, T3, T4) com mistura de componentes (agregados) e adição de vermiculita expandida, até que se alcançasse o traço ideal, com características de resistência à compressão e menor peso total do elemento estrutural. Ficou demonstrada a viabilidade da adição da vermiculita expandida na produção de placas de fechamento em concreto leve com base no resultado encontrado na placa de fechamento produzida experimentalmente com adoção do traço 04 (cimento, areia, seixo britado, vermiculita e água), que apresentou melhor desempenho quanto à resistência a compressão e peso total do elemento produzido.

Palavras Chave: Concreto Leve. Vermiculita. Placa de Fechamento.

## ABSTRACT

ATTIE, Udson Lobo. Final project. 2019. **Production of lightweight concrete with addition of distended vermiculite for closing plates production.** Civil Engineering course. Lutheran University Center of Palmas. Prof. Adviser *M.Sc. Daniel Iglesias*.

The present study aimed to demonstrate the feasibility of adding of distended vermiculite in the manufacture of lightweight concrete to be employed in the production of closing plates. Lightweight concrete is a reality in the world civil construction industry, since it enables cost reduction and extraction of raw materials from nature, which gives sustainability features. Determining the ideal trait for the lock plates production took place through the production of specimens subjected to the test of resistance to compression (break) in the laboratory of construction materials of the Lutheran University Center of Palmas. 04 distinct traits were used, being conventional T1 (reference) with cement, sand, crushed stone, and water, 03 traces (T2, T3, T4) with mixture of components (aggregates) and addition of expanded vermiculite, until they reach the ideal trait, with characteristics of compressive strength and lower total weight of the structural element. Was demonstrated the feasibility of adding of distended vermiculite in the manufacture of lightweight concrete lock plates based on the result found in the closing plate produced experimentally with adoption 04 trace (cement, sand, crushed stone, vermiculite and water), which showed better performance as regards resistance to compression and total weight of the element produced.

Key Words: Concrete Light. Vermiculite. Closing plate.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cimento CP II - E – 32 .....	42
Figura 2 - Vermiculita Expandida .....	43
Figura 3 - Agregado Areia grossa .....	43
Figura 4 - Agregado Seixo britado.....	44
Figura 5 - Moldes metálicos para produção dos corpos de prova .....	44
Figura 6 - Betoneira para produção da argamassa .....	45
Figura 7 - Pesagem dos corpos de prova para determinação da massa específica .	46
Figura 8 - Série de peneiras para ensaio granulométrico.....	47
Figura 9 - Produção de concreto para moldagem dos corpos de prova .....	48
Figura 10 - Corpos de prova imersos .....	48
Figura 11 - Corpos-de-prova com traços definidos para a pesquisa .....	49
Figura 12 - Corpo de prova submetido ao ensaio de rompimento.....	50
Figura 13 - Corpos de prova rompidos com 14 dias.....	52
Figura 14 - Forma de produção de placa de fechamento.....	56
Figura 15 - Placa de fechamento pronta .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série de Peneiras.....	26
Tabela 2 - Massa mínima da amostra de ensaio.....	31
Tabela 3 - Massa mínima por fração .....	32
Tabela 4 - Capacidade mínima, diâmetro interior e altura do recipiente .....	34
Tabela 5 - Massa específica de água.....	35
Tabela 6 - Massa mínima, por amostra de ensaio .....	38
Tabela 7 - Materiais utilizados na composição do concreto para moldagem dos CPs .....	46
Tabela 8 - Composição do concreto para confecção dos corpos de prova .....	51
Tabela 9 - Resultados de Resistência a Compressão Axial aos 14 dias.....	53
Tabela 10 - Resultados de Resistência a Compressão Axial aos 28 dias.....	54
Tabela 11 - Comparativo da resistência dos corpos de prova após 14 e 28 dias .....	54

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 PROBLEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1 CONCRETO: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS .....	18
2.2 VANTAGENS DO CONCRETO, RESTRIÇÕES E PROVIDÊNCIAS .....	19
2.3 PLACAS DE CONCRETO DE FECHAMENTO .....	22
2.4 AGREGADOS.....	23
2.4.1 Agregado Miúdo .....	23
2.4.2 Agregado Graúdo.....	24
2.5 CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM O CONCRETO .....	24
2.5.1 Massas Específicas e Especifica Aparente dos Agregados.....	24
2.5.2 Massa Unitária e volume de vazios dos agregados .....	25
2.5.3 Composição Granulométrica dos agregados .....	25
2.5.3.1 Dimensão Máxima Característica .....	26
2.5.3.2 Módulo de Finura.....	27
2.5.3.3 Material fino .....	27
2.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA AGREGADO MIÚDO.....	27
2.6.1 Aparelhagem.....	28
2.6.2 Preparo da amostra para ensaio .....	28
2.6.3 Procedimento .....	29
2.7 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA AGREGADO GRAÚDO .....	30
2.7.1 Aparelhagem.....	30
2.7.2 Preparação da amostra para ensaio .....	31
2.7.3 Procedimento .....	32
2.8 DETERMINAÇÕES DA MASSA UNITÁRIA E DO VOLUME DE VAZIOS.....	33
2.8.1 Amostragem.....	33
2.8.2 Aparelhagem.....	33

2.8.3 Amostras para ensaio .....	34
2.8.4 Calibração do recipiente.....	35
2.8.5 Procedimento de ensaio.....	36
2.8.5.1 Seleção do procedimento a empregar.....	36
2.8.5.2 Método A .....	36
2.8.5.3 Método B .....	37
2.8.5.4 Método C .....	37
2.9 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.....	37
2.9.1 Aparelhagem.....	37
2.9.2 Execução do ensaio .....	38
2.9.2.1 Amostragem .....	38
2.9.2.2 Ensaio.....	39
2.10 ADOÇÃO DE VERMICULITA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO .....	40
3 METODOLOGIA.....	42
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS .....	42
3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA .....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	51
4.2 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CORPOS-DE- PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO .....	52
4.2.1 Relatório de ensaio a compressão dos Traços aos 14 dias .....	52
4.2.2 Relatório de ensaio a compressão do T1 aos 28 dias, Traço Padrão (sem vermiculita).....	53
4.2.3 Produção da Placa de Fechamento com adição de vermiculita.....	56
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICES.....	63

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo aqui apresentado trata de uma inovação no universo da construção civil, especificamente no que concerne ao uso de concreto, que é a adição de vermiculita expandida na produção de concreto leve voltado para a fabricação de placas de fechamento, muito comuns em obras civis.

O uso racional de materiais alternativos na produção de concreto é uma realidade em todas as regiões brasileiras, que adotaram essa metodologia construtiva como saída para a falta de alguns materiais agregados conforme a região.

A adição de materiais alternativos na construção civil é fator determinante para o não esgotamento das fontes naturais de matéria prima bem como de outros fatores relacionados a ação antrópica do ser humano. Uma das soluções adotadas na mitigação dos fatores impactantes da cadeia de produção da construção civil é o emprego de materiais alternativos na busca por rapidez, qualidade e menor custo na execução de obras.

Quando se trata do uso de concreto, há vários aspectos que são levados em consideração, como a resistência aos esforços solicitantes, otimizando a capacidade de manutenção, que é a quantidade de deflexão que o elemento sofrerá com a carga a qual é submetido ao longo de sua vida útil. A resistência à compressão é uma das principais informações necessárias antes que qualquer análise possa ser iniciada. Os valores encontrados para esse parâmetro também atuam como uma boa métrica para comparar diferentes misturas de concreto alternativo em substituição ao modelo convencional.

A abordagem da aplicação de vermiculita como material alternativo na construção civil, demonstra a importância do estudo e da pesquisa voltada para a determinação dos níveis ideais de adição na produção de concreto leve, considerando suas características de resistência a compressão e das técnicas construtivas das obras executadas no Brasil. As diretivas indicam a necessidade e a possibilidade de racionamento do uso de matéria prima através da implementação de métodos e técnicas construtivas com tecnologias inovadoras, incluindo nesse rol os materiais alternativos na produção de concreto.

No Brasil, cada região apresenta materiais específicos utilizados como agregado graúdo ou miúdo na produção de obras das mais variadas naturezas. A regra para a utilização racional e economia de material de construção vem sendo defendida desde o fim dos anos 70, quando da imposição de medidas que visavam a redução do consumo de insumos de construção civil.

Para a avaliação do desempenho de materiais alternativos na composição do concreto, é necessário compreender os fatores que podem tornar viável do ponto de vista técnico e financeiro a adoção desse material, e por isso a necessidade de se estudar o desempenho de cada um dos elementos que irão compor o concreto a ser empregado na produção de peças estruturais e demais elementos construtivos.

O presente trabalho, visa a avaliação do comportamento do concreto com adição de vermiculita expandida na produção de placas de concreto para fechamento. As placas serão produzidas com o concreto leve e para isso foram realizados os processos investigativos necessários para a determinação de um traço capaz de suprir as demandas de economia, trabalhabilidade e qualidade final das peças produzidas do ponto de vista técnico quanto a resistência aos esforços solicitantes.

A indústria da construção civil busca desenvolver e aplicar métodos e processos construtivos visando aumentar a produtividade, diminuição do tempo gasto na execução de cronogramas, que somados traz como resultado a redução do desperdício e conseqüente aumento da rentabilidade. O desenvolvimento de novos materiais, a modulação na produção de artefatos de concreto e a industrialização com emprego de tecnologias tem sido um grande aliado para se alcançar os objetivos propostos pelo setor. A estrutura em pré-moldado, juntamente com placas de concreto armado de fechamento se torna uma boa alternativa para atender os seguimentos que empregam esse tipo de peça na construção civil, diminuindo custo e aumentando a produtividade.

Com isso, objetivou-se determinar a melhor composição para que se chegasse a um padrão desejável de resistência do concreto com adição de vermiculita expandida, apontando os benefícios da sua adoção em substituição ao método convencional que utiliza alvenaria não estrutural em vedação de estruturas prediais em geral. Por se tratar de uma técnica construtiva ainda pouco experimentada no estado do Tocantins, a pesquisa a desenvolvida busca demonstrar os benefícios da aplicação da vermiculita na produção das placas de

concreto armado sem considerar inicialmente os fatores de viabilidade econômica ou composição de custo de produção das mesmas.

A vermiculita quando empregada na condição de agregado proporciona alta porosidade interior em sua maior parte por conter uma maior concentração de ar retido nos vazios porosos do concreto, melhorando o desempenho das peças quanto aos fatores de caracterização.

Especificamente sobre a NBR 15575-4, que trata das vedações verticais internas e externas, os critérios relativos ao Estado Limite de Utilização ou de Serviço e os critérios relativos ao Estado Limite Último, o novo texto trouxe novas determinações. Foram feitas alterações quanto as cobranças ligadas à estanqueidade à água e nos requisitos de isolamento acústico, passando a constar atualmente três situações que devem ser consideradas, que são os locais pouco ruidosos, locais muito ruidosos e a situação intermediária.

Com base nessas diretrizes será possível apresentar as possibilidades de solução para melhorar este processo construtivo, trazendo a modulação em pré-moldado como alternativa para o fechamento com placas produzidas com adição de vermiculita expandida.

## 1.1 PROBLEMA

O uso de materiais alternativos como agregados na produção de concreto se tornou uma medida bastante aceita e aplicada pelos atores do setor da construção civil no país. O emprego de novas tecnologias que possibilitem ganhos em produtividade e eficiência é uma necessidade primária no setor da construção civil moderna. A diminuição do tempo de cronograma resulta em ganho de viabilidade técnica e conseqüentemente em viabilidade financeira no médio e longo prazo considerando a construção no sentido macro.

Com isso tem-se o seguinte questionamento: É possível obter concreto com características de leveza e resistência à compressão por meio da adição de vermiculita expandida em substituição aos agregados convencionais?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Demonstrar a viabilidade da adição da vermiculita expandida, em termos de resistência à compressão, na produção de concreto leve para produção de placas de fechamento.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever o processo de adição de vermiculita ao concreto, e seus benefícios;
- Determinar o traço ideal do concreto leve com adição de vermiculita expandida e avaliar sua resistência à compressão.
- Produzir placas de concreto para fechamento com adição de vermiculita expandida na sua composição.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Por se tratar de um tema que aduz ao conservacionismo ambiental, sua abordagem se mostra necessária, já que para os futuros profissionais da engenharia civil a preocupação com fatores ambientais se tornou uma rotina no exercício da profissão. A partir da adição de vermiculita na composição do concreto também eleva o conforto térmico e acústico, resultando na otimização do conforto ambiental.

A adição de vermiculita expandida já se firmou como uma alternativa viável à substituição de diversos agregados empregados na produção de concreto utilizado na construção civil, tanto economicamente, quanto ecologicamente, devido ao fato de suas matérias primas serem disponíveis e renováveis. Esse composto de fibra vegetal e cimento é leve e pode desempenhar um importante papel na substituição de materiais convencionais como a areia e a brita.

O emprego de materiais alternativos na composição do concreto utilizado na construção civil vem aumentando significativamente nas últimas décadas, especialmente os que possibilitam a diminuição do peso específico do concreto, que recebem a denominação de Concreto Leve. Essa é a tendência no setor da construção civil, já que o volume de concreto produzido só aumenta, elevando assim a necessidade de se aprimorar o seu processo de produção. Isso se deve ao fato de que, com esse tipo de material, torna-se possível produzir o Concreto Leve em larga escala, com componentes nas mais variadas formas geométricas e aplicação e que apresentem bom desempenho mecânico, absorção de energia satisfatória e isolamento termo acústico dentro dos padrões estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

A necessidade de racionalização de processos construtivos nos canteiros de obras, somado ao ambiente de transformações natural da construção civil, tem-se a constante preocupação de todo o meio produtivo com a padronização de métodos construtivos através da adoção de técnicas e procedimentos condizentes com a normalização e as boas aplicações de engenharia.

O uso de materiais de construção alternativos e a adoção de métodos construtivos baseados em inovações tecnológicas, podem aumentar a velocidade na execução das obras, o que garante a viabilidade da adição da vermiculita na produção de placas de concreto leve como elementos de vedação.

Sendo assim, a elaboração da pesquisa apresenta importância acadêmica na medida em que demonstrará a necessidade de emprego de novas tecnologias no campo da construção civil na busca pelo aprimoramento do setor e especialmente na produção de concreto leve, que vem se mostrando um nicho de mercado.

Dessa forma a elaboração da presente pesquisa se justifica pela importância da temática da racionalização e uso sustentável de insumos e matéria prima no setor da construção civil, de forma a tornar esse segmento cada vez menos impactante do ponto de vista ambiental e rentável do ponto de vista econômico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONCRETO: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

O concreto é um material de construção proveniente da mistura, em proporção adequada de aglomerantes, agregados e água, onde os aglomerantes fazem a união entre os fragmentos de outros materiais a água tem a função de proporcionar o endurecimento da massa a partir da reação existente quando é submetida ao contato com o cimento Portland (MONTEIRO, 2010).

Os agregados são as partículas minerais que compõem a mistura, reduzindo seu custo. Dependendo das dimensões características  $\phi$ , dividem-se em dois grupos:

- Agregados miúdos:  $0,075\text{mm} < \phi < 4,8\text{mm}$ . Exemplo: areias.
- Agregados graúdos:  $\phi \geq 4,8\text{mm}$ . Exemplo: pedras.

Na composição do concreto estão inseridos os seguintes elementos:

a) Pasta - Resulta das reações químicas do cimento com a água. Quando há água em excesso, denomina-se nata.

b) Argamassa - Provém da mistura de cimento, água e agregado miúdo, ou seja, pasta com agregado miúdo.

c) Concreto simples - É formado por cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo, ou seja, argamassa e agregado graúdo (Concreto simples  $\leftrightarrow$  cimento + areia + pedra + água).

Depois de endurecer, o concreto apresenta:

- boa resistência à compressão;
- baixa resistência à tração;
- comportamento frágil, isto é, rompe com pequenas deformações.

Na maior parte das aplicações estruturais, para melhorar as características do concreto, ele é usado junto com outros materiais.

d) Concreto armado - É a associação do concreto simples com uma armadura, usualmente constituída por barras de aço. Os dois materiais devem resistir solidariamente aos esforços solicitantes. Essa solidariedade é garantida pela aderência.

## 2.2 VANTAGENS DO CONCRETO, RESTRIÇÕES E PROVIDÊNCIAS

Como material estrutural, o concreto apresenta várias vantagens em relação a outros materiais. Serão relacionadas também algumas de suas restrições e as providências que podem ser adotadas para contorná-las.

Ainda segundo Libânio (2008), as principais vantagens do concreto armado podem ser apresentadas nos seguintes tópicos:

- É moldável, permitindo grande variabilidade de formas e de concepções arquitetônicas;
- Apresenta boa resistência à maioria dos tipos de solicitação, desde que seja feito um correto dimensionamento e um adequado detalhamento das armaduras;
- A estrutura é monolítica, fazendo com que todo o conjunto trabalhe quando a peça é solicitada;
- Baixo custo dos materiais - água e agregados graúdos e miúdos;
- Baixo custo de mão-de-obra, pois em geral não exige profissionais com elevado nível de qualificação;
- Processos construtivos conhecidos e bem difundidos em quase todo o país;
- Facilidade e rapidez de execução, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas;
- O concreto é durável e protege a armação contra a corrosão;
- Os gastos de manutenção são reduzidos, desde que a estrutura seja bem projetada e adequadamente construída;

- O concreto é pouco permeável à água, quando executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura;
- É um material seguro contra-fogo, desde que a armadura seja convenientemente protegida pelo cobrimento;
- É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos.

Conforme demonstrado por Pinheiro (2007), o concreto apresenta algumas restrições, que precisam ser analisadas e que devem ser tomadas as providências adequadas para atenuar suas consequências. As principais que são:

- Baixa resistência à tração,
- Fragilidade,
- Fissuração,
- Peso próprio elevado,
- Custo de formas para moldagem,
- Corrosão das armaduras.

Para suprir as deficiências do concreto, há várias alternativas e segundo Misurelli; Massuda (2009), a baixa resistência à tração pode ser contornada com o uso de adequada armadura, em geral constituída de barras de aço, obtendo-se o concreto armado. Além de resistência à tração, o aço garante ductilidade e aumenta a resistência à compressão, em relação ao concreto simples.

A fissuração pode ser contornada ainda na fase de projeto, com armação adequada e limitação do diâmetro das barras e da tensão na armadura. Também é usual a associação do concreto simples com armadura ativa, formando o concreto protendido. A utilização de armadura ativa tem como principal finalidade aumentar a resistência da peça, o que possibilita a execução de grandes vãos ou o uso de seções menores, sendo que também se obtém uma melhora do concreto com relação à fissuração.

Ao concreto também podem ser adicionadas fibras, principalmente de aço, que aumentam à ductilidade, a absorção de energia, a durabilidade etc. A corrosão da armadura é prevenida com controle da fissuração e com o uso de adequado de

cobrimento, cujo valor depende do grau de agressividade do ambiente em que a estrutura for construída. A padronização de dimensões, a pré-moldagem e o uso de sistemas construtivos adequados permite a racionalização do uso de formas, permitindo economia neste quesito.

A argamassa armada é adequada para pré-moldados leves, de pequena espessura.

Dentre as aplicações do concreto, Pinheiro (2007), cita as estruturas de edifícios que possuem elementos principais constituídos de concreto armado.

- Lajes: são placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios; travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento;

- Vigas: são barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios;

- Pilares: são barras verticais que recebem as ações das vigas ou das lajes e dos andares superiores as transmitem para os elementos inferiores ou para a fundação;

- Fundação: são elementos como blocos, lajes, sapatas, vigas, estacas etc., que transferem os esforços para o solo.

Pinheiro (2007), define aço como uma liga metálica composta principalmente de ferro e de pequenas quantidades de carbono (em torno de 0,002% até 2%). Os aços estruturais para construção civil possuem teores de carbono da ordem de 0,18% a 0,25%. Entre outras propriedades, o aço apresenta resistência e ductilidade, muito importantes para a construção civil.

Como o concreto simples apresenta pequena resistência à tração e é frágil, é altamente conveniente a associação do aço ao concreto, obtendo-se o concreto armado. Este material, adequadamente dimensionado e detalhado, resiste muito bem à maioria dos tipos de solicitação. Mesmo em peças comprimidas, além de fornecer ductilidade, o aço aumenta a resistência à compressão

Segundo Pinheiro (2007), as estruturas de concreto armado devem ser projetadas de modo que apresentem segurança satisfatória. Esta segurança está condicionada à verificação dos estados limites, que são situações em que a estrutura apresenta desempenho inadequado à finalidade da construção, ou seja, são estados em que a estrutura se encontra imprópria para o uso.

Os estados limites podem ser classificados em estados limites últimos e estados limites de serviço, conforme sejam referidos à situação de ruína ou de uso em serviço, respectivamente. Assim, a segurança pode ser diferenciada com relação à capacidade de carga e à capacidade de utilização da estrutura.

### 2.3 PLACAS DE CONCRETO DE FECHAMENTO

As placas de concreto quando comparadas com um sistema convencional de fechamento, apresenta algumas vantagens no que diz respeito aos quesitos de facilidade de produção, manuseio e aplicação. A racionalidade do sistema executivo de uma construção é o principal elemento possibilitador da produtividade, e o emprego das placas de concreto no fechamento na construção civil se mostra uma das mais uteis, apresentando um rol de benefícios quando comparada com outras técnicas convencionais, como por exemplo:

- Economia de formas, pois o número é bastante reduzido para a produção em larga escala;
- Redução significativa nos revestimentos, pois as características de rugosidade e aderência das placas proporcionam a redução dos revestimentos de forma significativa;
- Redução no desperdício de material de construção e de mão-de-obra, já que as paredes não necessitam de intervenções posteriores, evitando dessa forma, o retrabalho;
- Redução do número de armadores e carpinteiros no canteiro.

Apesar das vantagens, Carvalho (2003), apresenta algumas desvantagens como:

- Dificuldade para se readaptar em outra estrutura ou novo uso, já que as placas compõem a estrutura, o que impossibilita a completa remoção.

- Dificuldade de interferências entre projetos de arquitetura, estruturas, e instalações, pois as paredes não podem sofrer danos ou alterações;
- Necessidade de mão-de-obra qualificada, já que há o emprego de equipamentos específicos para a execução.

## 2.4 AGREGADOS

De acordo com Mehta; Monteiro (1994), agregado anteriormente era tido como um material inerte disperso por entre a pasta de cimento, porém é possível adotar um pensamento oposto e considerá-lo como um material de construção ligado a um todo coesivo por meio de uma pasta de cimento.

A utilização dos agregados deve-se ao fato de que quanto maior a quantidade de agregado menos será o fator água/cimento efetivo, em outros casos, um teor maior de agregado resultaria em menor retração e menor exsudação e, portanto menor dano à aderência entre o agregado e a pasta do cimento e também seriam menores as variações térmicas devidas ao calor de hidratação do cimento. (NEVILL,1997).

Segundo Nevill (1997), a influência do agregado na resistência do concreto não é somente devida a sua resistência mecânica, mas também e significativamente, à sua absorção e às características de aderência. A aderência entre o agregado e a pasta de cimento é um importante fator de resistência do concreto, especialmente da resistência à flexão. Um exemplo que podemos dar a cerca desse conceito é que uma superfície mais áspera como a de partículas britadas, resulta em uma melhor aderência devido ao intertravamento mecânico.

### 2.4.1 Agregado Miúdo

Segundo ABNT NM 52(2009), é o agregado que passa na peneira com abertura de malha 9,5 mm, que passa quase totalmente na peneira 4,75 mm, e fica retido, em sua maior parte na peneira 7,5 µm, ou pode também ser definida como

porção que passa na peneira de 4,7 mm e fica retida quase totalmente na peneira 7,5  $\mu$ m, sendo que a primeira definição se aplica ao agregado íntegro, em seu estado natural ou depois de processado, e a segunda se aplica a uma fração de um agregado.

De acordo com Helene; Terzian (1995), a utilização de um agregado miúdo muito fino ou muito grosso é indesejável, pois os agregados muito finos aumentarão a água unitária, com o aumento indesejável de retração por secagem que, além do mais, facilitará a segregação. As areias muito grossas aumentarão a tendência à exsudação do concreto. Suas partículas devem ser duras, ásperas, duráveis e isentas de materiais estranhos que possam interferir na reação de endurecimento do cimento.

#### 2.4.2 Agregado Graúdo

De acordo com Mehta; Monteiro (1994), agregado graúdo é constituído por partículas maiores que 4,8 mm retido na peneira N°4, sendo definidos como pedregulhos e pedras britadas, os pedregulhos são naturais, de forma arredondada, tamanho variável, já as britadas são obtidas pela degradação mecânica das rochas por meio de britadores.

Segundo a ABNT NM 53(2009), agregado cuja maior parte de suas partículas fica retida na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ou a porção retida nessa mesma peneira.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM O CONCRETO

### 2.5.1 Massas Específicas e Especifica Aparente dos Agregados

A ABNT NM 52:2009, que estabelece o método de determinação da massa específica, massa específica aparente dos agregados miúdos destinados a serem utilizados em concretos nos diz:

- I - Massa específica é a relação entre massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis;
- II - Massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis;
- III - Massa específica relativa é a relação entre a massa da unidade de volume de um material, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis, a uma temperatura determinada, e a massa de um volume igual a água destilada, livre de ar, a uma temperatura estabelecida. Esse conceito pode ser aplicado tanto a massa específica, quanto à massa específica aparente, dividindo-se os resultados obtidos pela massa específica da água a uma determinada temperatura. É uma grandeza adimensional, devendo sempre ser expressa em função da temperatura. Quando determinada de acordo com esta Norma, deve ser expressa com duas casas decimais.

Segundo Helene; Terzian (2001), massa específica é a relação entre a massa e o volume de cheios, isto é, o volume dos grãos do agregado e a classificação das areias pelo método de finura do agregado miúdo, cuja granulometria é definida por peneiramento do material.

### 2.5.2 Massa Unitária e volume de vazios dos agregados

Segundo ABNT NM 45(2006), massa unitária é relação entre a massa do agregado lançado no recipiente de acordo com o estabelecido nesta Norma e o volume desse recipiente. E o volume de vazios é espaço entre os grãos de uma massa de agregado. É por meio da massa unitária que é feita a transformação dos traços.

De acordo com Furnas (1997), os valores da massa unitária do agregado miúdo estão entre 1,402 e 1,52 kg/m<sup>3</sup>, e o agregado graúdo está entre 1,272 e 1,440 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.5.3 Composição Granulométrica dos agregados

De acordo com Helene; Terzian (1995), é a proporção relativa em porcentagem, em que se encontram os grãos de certos agregados, possui importante influência sobre a qualidade dos concretos, agindo na compactidade e na resistência.

Segundo ABNT NM 248(2003), série normal e série intermediária são um conjunto de peneiras sucessivas, que atendam às normas NM-ISSO 3310-1 ou 2, com as aberturas de malhas estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Série de Peneiras

SERIE NORMAL	SERIE INTERMEDIARIA
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37.5 mm	-
--	31.5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12.5 mm
9.5 mm	-
-	6.3 mm
4.75 mm	-
2.36 mm	-
1.18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: ABNT NM 248(2003)

### 2.5.3.1 Dimensão Máxima Característica

Segundo ABNT NM 248(2003), é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem de retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

### 2.5.3.2 Módulo de Finura

Segundo ABNT NM 248(2003), soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. Está diretamente relacionado com a área superficial do agregado e conseqüentemente altera a água de molhagem para uma certa consistência, deve ser mantido constantemente dentro de certos limites para evitar alteração no traço. (MEHTA & MONTEIRO,1994).

Os valores do modulo de finura do agregado miúdo estão entre 0,73 e 2,33% e do agregado graúdo estão entre 6,708 e 9,924% (FURNAS,1997).

### 2.5.3.3 Material fino

De acordo com a ANBT NM 46 (2001), o material mais fino que a abertura da malha de 75 µm pode ser separada das partículas maiores de forma mais eficiente e completa por peneiramento úmido do que através do uso de peneiramento seco. Portanto, quando se deseja fazer determinações precisas do material mais fino que 75 µm em agregado miúdo ou graúdo, este método deve ser utilizado previamente ao peneiramento seco para a análise granulométrica do agregado. Usualmente é pequena quantidade adicional de material mais fino que 75 µm obtida pelo processo de peneiramento seco. Se essa quantidade for expressiva, deve ser verificada a eficiência da operação de lavagem, podendo, porém, ser uma indicação da degradação do agregado.

Na maior parte dos casos, o emprego apenas de água é adequado para separar o material o material mais fino que 75 µm a partir de agregados de maiores dimensões. Porém, em alguns casos, o material mais fino adere às partículas maiores, verificando-se, por exemplo, recobrimentos de argilas e recobrimentos em agregados extraídos de misturas betuminosas. Nesses casos, o material fino deve ser separado de forma mais rápida com o uso de um agente umectante dissolvido na água. (ABNT NM 46,2001).

## 2.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA AGREGADO MIÚDO

A amostra deve ser coletada de acordo com o procedimento descrito na MN 26 e reduzida para ensaio de acordo com a NM 27.

### 2.6.1 Aparelhagem

Segundo a ABNT NM 52 (2009), os equipamentos que serão utilizados neste ensaio serão os seguintes:

- Balança com capacidade para 1 kg e resolução de 0,1 g;
- Frasco aferido de  $(500 \pm 5)$  cm<sup>3</sup> de capacidade, calibrado de 20°C;
- Molde tronco-cônico metálico, de  $(40 \pm 3)$  mm de diâmetro superior,  $(90 \pm 3)$  mm de diâmetro inferior e  $(75 \pm 3)$  mm de altura, com espessura mínima de 1 mm;
- Haste de compactação metálica, com  $(340 \pm 15)$  g de massa, tendo superfície de compactação circular plana de  $(25 \pm 3)$  mm de diâmetro;
- Estufa capaz de manter a em temperatura no intervalo de  $(105 \pm 5)$  °C;
- Bandeja metálica, para secar a amostra;
- Espátula de aço;
- Circulador de ar regulável;
- Dessecador.

### 2.6.2 Preparo da amostra para ensaio

Segundo a ABNT NM 52(2009), a amostra para ensaio deve ser constituída por 1 kg de agregado miúdo, obtido por quarteamento;

Colocar a amostra em um recipiente cobri-la com água e deixar em repouso por 24 h. Retirar a amostra de água e estende-las sobre uma superfície plana, submetendo-a à ação de uma suave corrente de ar, revolvendo a amostra com

frequência para assegurar uma secagem uniforme. Prosseguir a secagem até que os grãos de agregado miúdo não fiquem fortemente aderidos entre si.

Colocar o agregado miúdo no molde, sem comprimi-lo; compactar sua superfície suavemente com 25 golpes de haste de socamento e então levantar verticalmente o molde. Se ainda houver umidade superficial, o agregado conserva a forma do molde.

Neste caso, continuar a secagem, revolvendo a amostra constantemente e fazer ensaios a intervalos frequentes de tempo até que o cone de agregado desmorone ao retirar o molde. Neste momento o agregado terá chegado à condição de saturado superfície seca.

O método descrito tem por fim assegurar que no primeiro ensaio o agregado tenha alguma umidade superficial. Se o cone desmoronar na primeira tentativa, o agregado miúdo terá sido seco além do seu ponto de saturado superfície seca. Neste caso, adicionar uma pequena quantidade de água (alguns centímetros cúbicos), misturar intimamente e deixar a amostra em um recipiente tampado por 30 minutos, iniciando novamente o processo de secagem e ensaio. Alternativamente, quando os dados de massa específica se referem a agregados a serem utilizados no concreto em sua condição natural de umidade, as operações estabelecidas podem ser omitidas, sendo calculada apenas a massa específica do agregado.

### 2.6.3 Procedimento

De acordo com a ABNT NM 52(2009), pesar  $(500,0 \pm 0,1)$  g de amostra ( $m_s$ ), colocar no frasco e registrar a massa do conjunto ( $m_1$ ). Encher o frasco com água até próxima a marca de 500 ml. Movê-lo de forma a eliminar as bolhas de ar e depois colocá-lo em um banho mantido a temperatura constante de  $(21 \pm 2)$  °C. As temperaturas de ar da sala, da água de ensaio e do banho definido podem ser mantidas no intervalo de  $(23 \pm 2)$  °C,  $(25 \pm 2)$  ou  $(27 \pm 2)$  °C, em países ou regiões de clima quente, porém devem ser registradas no relatório do ensaio.

Após 1 hora, aproximadamente, completar com água até a marca de 500 cm<sup>3</sup> e determinar a massa total com precisão de 0,1 g ( $m_2$ ).

Retirar o agregado miúdo do frasco e secá-lo a  $(105 \pm 5)$  °C até massa constante ( $\pm 0,1$  g). Esfriar à temperatura ambiente em dessecador e pesar com precisão de 0,1 g (m).

## 2.7 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA AGREGADO GRAÚDO

Segundo a ABNT NM 53(2009), agregado cuja maior parte de suas partículas fica retida na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ou a porção retida nessa mesma peneira.

Coletar a amostra seguindo o procedimento estabelecido na NM 26 e reduzi-la de acordo com a NM 27.

### 2.7.1 Aparelhagem

Segundo a ABNT NM 53(2009), os equipamentos que serão utilizados neste ensaio serão os seguintes:

- Balança Com capacidade mínima para 10 kg e resolução de 1 g. Deve estar equipada com um dispositivo adequado para manter o recipiente que contém a amostra suspenso na água, no centro do prato da balança;
- Recipiente para conter a amostra deve ser constituído de um cesto de arame com abertura de malha igual ou inferior a 3,35 mm e capacidade para 4 dm<sup>3</sup> a 7 dm<sup>3</sup>, para agregados de dimensão máxima característica de 37,5 mm. Para agregados de maior dimensão é necessário um recipiente de maior capacidade. Recomenda-se que o fio de sustentação do cesto ou balde tenha o menor diâmetro possível e que a variação do comprimento submerso, antes e depois da colocação da amostra, não ultrapasse 10 mm, sendo tal variação verificada através de uma marca prévia no fio. Deve ser construído de forma a impedir a perda de material ou a retenção de ar quando submerso;
- Tanque de água, recipiente estanque para conter água onde será submerso o recipiente com a amostra;

- Peneiras de ensaio, uma peneira com abertura nominal de 4,75 mm, ou outras dimensões, conforme seja necessário, de acordo com a NM-ISO 3310 - 1.

### 2.7.2 Preparação da amostra para ensaio

Segundo a ABNT NM 53(2009), deve-se eliminar todo o material passante pela peneira de 4,75 mm por via seca, exceto quando o agregado contém mais que 2% de material que passa na referida peneira ou quando o material passante apresentar evidentes sinais de alteração mineralógica.

O material menor que 4,75 mm deve ser ensaiado segundo a NM 52; Lavar completamente o agregado graúdo para remover o pó ou outro material da superfície. Secar a amostra de ensaio até massa constante a uma temperatura de  $(105 \pm 5)$  °C. Deixar esfriar à temperatura ambiente durante 1h a 3h, para amostras de ensaio cujo agregado tenha dimensão máxima característica de 37,5 mm, ou períodos de tempo maiores para agregados de dimensões superiores, de forma que possam ser manipulados (temperatura de aproximadamente 50°C).

A massa mínima de amostra a ensaiar é definida na Tabela 2.

Tabela 2 - Massa mínima da amostra de ensaio

<b>DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA (mm)</b>	<b>MASSA MÍNIMA DA AMOSTRA DE ENSAIO (kg)</b>
12,5	2
19	3
25	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

Fonte: ABNT NM 52(2009)

Muitas vezes pode ser desejável ensaiar um agregado graúdo em frações separadas de dimensões diferentes. Da mesma forma, quando a amostra contém mais de 15% de material retido na peneira de 37,5 mm, deve ser ensaiado o material de dimensão superior a 37,5 mm em uma ou mais frações, separadas das frações de dimensão inferior. Nesses casos, a massa mínima de amostra de ensaio para cada fração, deve cumprir com o que estabelece a Tabela 3.

Tabela 3 - Massa mínima por fração

PENEIRA (mm)		MASSA MINIMA POR FRAÇÃO
Material Passante	Material Retido	kg
50	38	3,00
64	50	4,00
76	64	6,00
100	76	22,00
125	100	35,00
152	125	50,00

Fonte: Fonte: ABNT NM 53 (2009)

Quando a amostra for ensaiada em duas ou mais frações, deve ser determinada sua granulometria, de acordo com a NM 248, incluindo as peneiras usadas para separar as frações para as determinações deste método de ensaio. No cálculo da porcentagem de material de cada fração, deve ser ignorada a quantidade de material mais fino que 4,75 mm.

### 2.7.3 Procedimento

Segundo a ABNT NM 53(2009), deve-se pesar a amostra conforme Tabela 1. A seguir, submergir o agregado em água à temperatura ambiente por um período de  $(24 \pm 4)$  h. Quando for necessário ensaiar uma quantidade maior de amostra, pode ser conveniente, para a precisão do ensaio, subdividir a amostra em duas ou mais partes e tratar os valores obtidos de acordo com o estabelecido na Seção 7.

Quando os valores de massa específica forem utilizados como base para a dosagem de concreto, com agregados usados normalmente úmidos, o requisito de secagem até massa constante pode ser eliminado; retirar a amostra da água e envolvê-la em um pano absorvente até que toda a água visível seja eliminada, ainda que a superfície das partículas se apresente úmida. Os fragmentos grandes devem ser limpos individualmente.

É necessário evitar a evaporação da água dos poros do agregado durante a operação de enxugamento da amostra; imediatamente após ser enxugado, pesar a amostra com precisão de 1 g (ms, agregado saturado com superfície seca); Colocar a amostra no recipiente, submergi-la em água mantida a  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  e pesar em água com precisão de 1 g. (ma, massa da água).

A balança deve ser previamente zerada com o recipiente vazio e imerso em água, e as temperaturas do ar da sala e da água de ensaio podem ser mantidas no intervalo de  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  ou  $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$  em países ou regiões de clima quente, porém devem ser registradas no relatório do ensaio.

Secar a amostra a  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  até massa constante, deixar esfriar até a temperatura ambiente durante 1h a 3 h ou até que o agregado esteja a uma temperatura que permita sua manipulação (aproximadamente  $50^\circ\text{C}$ ) e pesar com precisão de 1 g (m, agregado seco).

## 2.8 DETERMINAÇÕES DA MASSA UNITÁRIA E DO VOLUME DE VAZIOS

### 2.8.1 Amostragem

De acordo com a ABNT NM 45:2006, amostragem dos agregados deve ser realiza do acordo com as normas NM 26 e NM 27.

### 2.8.2 Aparelhagem

De acordo com a ABNT NM 45:2006, para a realização dos ensaios estabelecidos nesta Norma deve ser utilizada a aparelhagem descrita a seguir e demais instrumentos e acessórios comuns aos laboratórios de ensaios;

- Balança com resolução de 50 g;
- Haste de adensamento, haste reta de aço, com 16 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento, tendo um de seus extremos terminado em forma semi-esférica, com diâmetro igual ao da haste;
- Recipiente de forma cilíndrica e fabricado com material não atacável pela umidade. Deve ser suficientemente rígido e provido de alças;

A Tabela 4 define a capacidade mínima, o diâmetro interior e a altura que o recipiente deve ter.

Tabela 4 - Capacidade mínima, diâmetro interior e altura do recipiente

Dimensão máxima característica do agregado (NM-ISSO 3310-1) mm	Recipiente		
	Capacidade mínima dm <sup>3</sup>	Diâmetro interior mm	Altura interior mm
$d \leq 37,5$	10	220	268
$37,5 < d \leq 50$	15	260	282
$50 < d \leq 75$	30	360	294

- Pá ou concha de tamanho adequado para encher o recipiente com os agregados em ensaio;
- Placa de calibração constituída por uma placa de vidro com 6 mm de espessura e com comprimento pelo menos 25 mm maior do que o diâmetro do recipiente;
- Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### 2.8.3 Amostras para ensaio

De acordo com a ABNT NM 45:2006, a amostra tomada para realização deste ensaio deve ser constituída com aproximadamente 150% da quantidade de material requerido para encher o recipiente e deve ser manipulada de forma a evitar sua segregação.

Secar a amostra de agregado até massa constante, em uma estufa mantida a  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.8.4 Calibração do recipiente

De acordo com a ABNT NM 45:2006, encher o recipiente com água à temperatura entre  $18^{\circ}\text{C}$  e  $25^{\circ}\text{C}$  e cobrir com a placa de calibração, de forma que sejam eliminadas as bolhas de ar e água em excesso.

Determinar a massa de água no recipiente.

Determinar a temperatura de água e obter sua massa específica com emprego da Tabela 5, interpolando, se necessário.

Tabela 5 - Massa específica de água

<b>TEMPERATURA</b> <b>°C</b>	<b>MASSA ESPECIFICA</b> <b>kg/m<sup>3</sup></b>
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

Fonte: ABNT NM 45 (2006)

Calcular o volume,  $V$ , do recipiente, dividindo a massa de água necessária para encher o recipiente por sua massa específica. Alternativamente pode ser calculado o fator para o recipiente ( $F=1/V$ ), dividindo a massa específica da água pela massa de água necessária para enchê-lo. Para o cálculo da massa unitária do

agregado o volume do recipiente deve ser expresso em metros cúbicos e o fator com inverso de metros cúbicos.

Os recipientes devem ser calibrados ao menos uma vez por ano e sempre que haja motivo de dúvidas quanto à exatidão de sua calibração como, por exemplo, nos casos de desgaste, amassamento ou qualquer outro tipo de deformação.

### 2.8.5 Procedimento de ensaio

#### *2.8.5.1 Seleção do procedimento a empregar*

De acordo com a ABNT NM 45:2006, O “método A” deve ser empregado para determinar a massa unitária de material compactado, quando os agregados têm dimensão máxima característica de 37,5 mm ou menos.

O “método B” deve ser empregado para determinar a massa unitária de material compactado, quando os agregados têm dimensão máxima característica superior a 37,5 mm e inferior a 75 mm.

O “método C” deve ser empregado para determinar a massa unitária de material no estado solto.

#### *2.8.5.2 Método A*

De acordo com a ABNT NM 45:2006, determinar e registrar a massa do recipiente vazio. A seguir, encher o recipiente com o material até um terço da sua capacidade e nivelar a superfície com os dedos.

Efetuar o adensamento da camada de agregado mediante 25 golpes da haste de adensamento, distribuídos uniformemente em toda a superfície do material.

Continuar o enchimento do recipiente até completar dois terços de sua capacidade.

Finalmente, terminar de encher totalmente o recipiente.

Ao compactar a primeira camada do agregado, a haste de adensamento não deve tocar o fundo do recipiente. Ao compactar a segunda e terceira camadas, evitar que a haste penetre na camada anterior.

Nivelar a camada superficial do agregado com as mãos ou utilizando uma espátula, de forma a rasá-la com a borda superior do recipiente.

Determinar e registrar a massa do recipiente mais seu conteúdo.

#### *2.8.5.3 Método B*

De acordo com a ABNT NM 45:2006, determinar e registra a massa do recipiente vazio. A seguir, encher o recipiente em três camadas aproximadamente iguais de agregado.

Efetuar o adensamento de cada camada colocando o recipiente sobre uma base firme, como um piso de concreto, elevando alternadamente os lados opostos cerca de 50 mm e deixando-os cair, de forma que o adensamento se produza pela ação dos golpes secos.

Adensar cada uma das três camadas golpeando o recipiente 50 vezes, sendo 25 vezes de cada lado.

Nivelar camada superficial do agregado.

Determinar e registrar a massa do recipiente mais seu conteúdo.

#### *2.8.5.4 Método C*

De acordo com a ABNT NM 45:2006, determinar e registrar a massa do recipiente vazio. A seguir, encher o recipiente até que o mesmo transborde, utilizando uma pá ou uma concha, despejando o agregado de uma altura que não supere 50 mm acima da borda superior do recipiente. Evitar ao máximo a segregação dos agregados que compõem a amostra.

Nivelar a camada superficial do agregado.

Determinar e registra a massa do recipiente mais seu conteúdo.

## 2.9 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

### 2.9.1 Aparelhagem

Segundo a ABNT NM248 (2003), os equipamentos que serão utilizados neste ensaio serão os seguintes:

- Balança com resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio;
- Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de  $(100 \pm 5)$  °C;
- Peneiras das series normal e intermediaria, com tampa e fundo que atendam às exigências das normas NM 3310-1 ou 2;
- Agitador mecânico de peneiras (facultativo);
- Bandejas;
- Escova ou pincel de cerdas macias;
- Fundo avulso de peneiras.

## 2.9.2 Execução do ensaio

### *2.9.2.1 Amostragem*

Coletar a amostra de agregado conforme a NM 26.

Da amostra remetida ao laboratório, depois de umedecida para evitar segregação e de cuidadosamente misturada, formar duas amostras para o ensaio, de acordo com a NM 27. A massa mínima por amostra de é indicada na Tabela 6.

Tabela 6 - Massa mínima, por amostra de ensaio

<b>Dimensão máxima nominal do agregado mm</b>	<b>Massa mínima da amostra de ensaio kg</b>
< 4.75	0,3*
9.5	1
12.5	2
19.0	5
25.0	10
37.5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	50
125	300

**\*Após secagem**

Fonte: NM 26 (2009)

### 2.9.2.2 Ensaio

Segundo a ABNT NM248 (2003), o ensaio deve proceder da seguinte forma:

Secar as amostras de ensaio em estufa, esfriar à temperatura ambiente e determinar suas massas ( $m_1$  e  $m_2$ ). Tomar a amostra de massa  $m_1$  e reservar a de  $m_2$ .

Encaixar as peneiras, previamente limpas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo. Prover um fundo de peneiras adequado para o conjunto.

Colocar a amostra ( $m_1$ ) ou porções da mesma sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. Se o material apresenta quantidade significativa de materiais pulverulentos, ensaiar previamente as amostras conforme a NM 46. Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica.

O acúmulo de material sobre uma peneira impede o igual acesso de todos os grãos à tela, durante sua agitação, como também pode provocar a deformação permanente da tela. De forma a evitar esses problemas, para peneiras com aberturas menores que 4,75 mm, a quantidade retida sobre cada peneira, na operação completa de peneiramento, não deve exceder a 7 kg/m<sup>2</sup> de superfície de peneiramento. Para peneiras com aberturas de malhas iguais ou maiores que 4,75 mm, a quantidade de material sobre a tela deve ser calculada pela expressão:

$$m = 2,5 \times a \times s \quad (1)$$

onde:

$m$ , é a máxima quantidade de material sobre cada peneira, em quilogramas;

$a$ , é a abertura da malha, em milímetros;

$s$ , é a superfície efetiva de peneiramento, em metros quadrados.

Promover a agitação mecânica do conjunto, por um tempo razoável para permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grãos da amostra.

Destacar e agitar manualmente a peneira superior do conjunto (com tampa e fundo falsos encaixados) até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido. A agitação da peneira deve ser feita em movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal quanto inclinado. Quando do peneiramento de agregados graúdos, se necessário, experimentar manualmente a passagem de cada um dos grãos pela tela, contudo sem fazer pressão sobre esta.

Remover o material retido na peneira para uma bandeja identificada. Escovar a tela em ambos os lados para limpar a peneira. O material removido pelo lado interno é considerado como retido (juntar na bandeja) e o despreendido na parte inferior como passante.

Proceder à verificação da próxima peneira depois de acrescentar o material passante na peneira superior, até que todas as peneiras do conjunto tenham sido verificadas. Caso a amostra tenha sido dividida, tomar nova porção e proceder.

Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% de  $m_1$ .

Se não for possível a agitação mecânica do conjunto, classificar manualmente toda a amostra em uma peneira para depois passar à seguinte. Agitar cada peneira, com amostra ou porção desta, por tempo não inferior a 2 minutos, procedendo à verificação do peneiramento.

Proceder ao peneiramento da segunda amostra, de massa  $m_2$ .

## 2.10 ADOÇÃO DE VERMICULITA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

A vermiculita é uma das variedades de argila expandida que tem ascendência hidrotermal e supergênica a partir do mineral flogopita, com espessura conhecida de 50 nm. Na sua composição física e mecânica predominam os grãos com 1 µm de diâmetro, que formam os chamados livros dourados (BERTOLINO, 2009).

Quimicamente a Vermiculita é composta por frações de Magnésio (MgO - 14%), Alumínio ( $Al_2O_3$  - 43%), Ferro (FeO - 13%), Sílica ( $SiO_2$  - 12%), e Água ( $H_2O$

- 18%), e por força da elevada concentração de H<sub>2</sub>O que, quando aquecida, a Vermiculita alarga seu volume em ampla proporção (BERTOLINO, 2009).

Conforme descreve Rocha (2012), existe em solo brasileiro, depósitos e jazidas de vermiculita em estados da região nordeste (Paraíba e Piauí), do centro-oeste (Goiás) e sudeste (Minas Gerais). A produção nacional de vermiculita está entre as maiores do mundo, sendo que a produção representa 15% do total mundial e a reserva existente na natureza é de 10% do total prospectado no planeta, ou seja, o Brasil produz anualmente 15% da vermiculita utilizada no mundo e tem 10 % das reservas naturais desse mineral.

A adição de vermiculita na construção visa a produção de concreto leve, e por isso o mineral é empregado em substituição ao agregado miúdo e graúdo, em estruturas monolíticas, tem a substituição parcial ou total do agregado normal pelo agregado leve, podendo ser usado como concreto estrutural e não estrutural. No último caso tem a função apenas de vedação ou para isolamento térmico. O uso de vermiculita na produção de concreto leve, pode, dependendo do tipo de agregado, traço e dosagem, atingir resistência para fins estruturais.

Conforme França *et al;* (2016), estudos indicam que a resistência a compressão tende a diminuir quando o volume de vermiculita é elevado, ficando em patamar acima de 30%, devido à grande quantidade de ar incorporado proveniente da sua característica e propriedades de superfície, especialmente sua área superficial, hidrofobicidade, porosidade e carga superficial negativa.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos corpos de provas foram adquiridos os seguintes materiais: Cimento, seixo britado, pó de seixo britado, água, areia grossa, vermiculita expandida.

Na realização do presente estudo foi utilizado Cimento Portland CP II E – 32, que tem em sua composição de 6 a 34% de escória de alto forno moída, proporcionando assim uma matriz com menor teor de hidróxido de cálcio, reduzindo os ataques alcalinos à lignina da vermiculita.

Figura 1 - Cimento CP II - E – 32



Fonte: Mapa da Obra (2017).

O cimento e a vermiculita foram adquiridos em uma loja de materiais de construção localizada na região central de Palmas.

Figura 2 - Vermiculita Expandida



Fonte: Do autor (2019)

A figura 3 apresenta a areia grossa utilizada na produção de traço da argamassa.

Figura 3 - Agregado Areia grossa



Fonte: Do autor (2019)

A areia grossa tem a propriedade de aumentar a tendência à exsudação do concreto. Suas partículas são duras, ásperas, duráveis de forma a garantir a resistência mecânica sem interferir na reação de endurecimento do cimento.

Figura 4 - Agregado Seixo britado



Fonte: Do autor (2019)

Figura 5 - Moldes metálicos para produção dos corpos de prova



Fonte: Do autor (2019)

Conforme determinado pela NBR – 5738/03, foram produzidos 16 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm (Figura 5). O abatimento foi realizado com 12 golpes, conforme descrito na especificação normativa para adensamento manual.

Figura 6 - Betoneira para produção da argamassa



Fonte: Do autor (2019)

Para a produção da argamassa foi utilizada uma betoneira com capacidade total para 400 litros, e capacidade de mistura para 310 litros, de 15 ciclos por hora, que pode ter produção de até 4,65 m<sup>3</sup> por hora, com não menos que 10 minutos de preparo da argamassa (figura 6).

### 3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

A confecção dos corpos-de-prova foi realizada em uma obra de construção civil localizada na região central de Palmas, onde foram rodados os quatro traços necessários para a determinação dos índices de resistência mecânica dos mesmos e posteriormente colocados em imersão total em água, conforme determinação da Norma NBR – 5783/03 (figura 7).

A tabela 7 apresenta a composição dos traços utilizados na confecção dos corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência a compressão (ruptura).

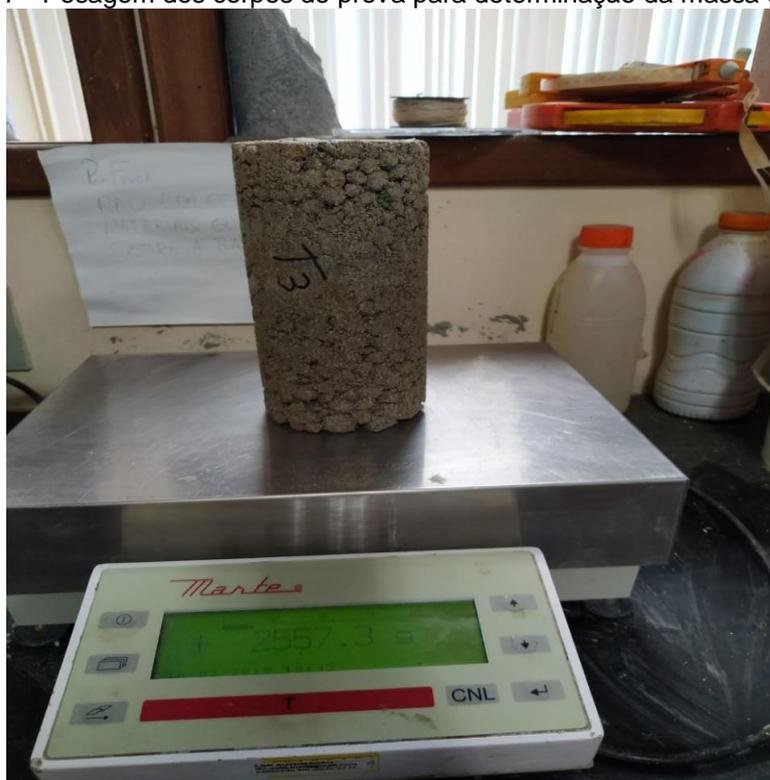
Tabela 7 - Materiais utilizados na composição do concreto para moldagem dos CPs

T-01	T-02	T-03	T-04
Cimento CP II	Cimento CP II	Cimento CP II	Cimento CP II
Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Grossa	Pó de seixo Britado
Seixo Britado	Vermiculita	Vermiculita	Vermiculita
Água	Água	Água	Água
		Pó de seixo britado	

Fonte: Do autor (2019)

Após a cura, os corpos de prova foram levados para o laboratório de Materiais de Construção Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), onde foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão.

Figura 7 - Pesagem dos corpos de prova para determinação da massa específica



Fonte: Do autor (2019)

Conforme especificado na norma NM 248:2003, a areia grossa foi submetida a peneira 45.

Figura 8 - Série de peneiras para ensaio granulométrico



Fonte: Do autor (2019)

Posteriormente, foi realizado o ensaio com os agregados, granulometria ou composição granulométrica nos agregados miúdos e graúdos, seguindo as recomendações da NM 248:2003 da ABNT, para determinar as porcentagens dos agregados a ser incorporada à pasta e compor o concreto.

Também foi necessário calcular os valores das massas específicas aparente dos agregados miúdos e graúdos, os ensaios seguiram os métodos da NM 52:2002 e NM 53:2002, para agregados miúdo e gráudo respectivamente, assim como foi determinado a massa unitária de acordo com a NM 45:2006.

Foi realizado o teste de consistência pelo abatimento de cone, conforme prescrito na ABNT NM 67:1998.

Figura 9 - Produção de concreto para moldagem dos corpos de prova



Fonte: Do autor (2019)

Foram moldados e curados 16 corpos-de-prova para cada traço, segundo ABNT NBR 5738 (2003). O método que foi utilizado no processo de cura foi o da cura úmida.

Figura 10 - Corpos de prova imersos



Fonte: Do autor (2019).

Os corpos-de-prova foram rompidos aos 14 (quatorze) e aos 28 (vinte e oito) dias, conforme a ABNT NBR 5739 (1994).

Para fim de comparação foi adotado um traço padrão de concreto com fator água/cimento igual a 0,50. O ensaio foi realizado de acordo com o método de Alves (2002), onde rodou-se um traço de referência, sem adição de vermiculita para fim de comparação e mais três traços com adição da vermiculita com teores igual a 10%, 15%, 20% do volume do concreto.

Figura 11 - Corpos-de-prova com traços definidos para a pesquisa



Fonte: Do autor (2019)

O comparativo levou em consideração que a resistência à compressão tende a diminuir quando o volume de vermiculita é elevado (superior a 30%), porque quanto maior o teor de vermiculita menor será a resistência do concreto devido à grande quantidade de ar incorporado que a adição da vermiculita causa.

Os ensaios de resistência com 14 dias foram realizados no laboratório de materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Palmas, no dia 15/03/2019.

Figura 12 - Corpo de prova submetido ao ensaio de rompimento



Fonte: Do autor (2019)

Foi utilizado o equipamento EMIC DL 3000 com célula TRD 30 e Extensômetro TRD. O método de ensaio utilizado foi o de Concreto Compressão Extensômetro 180 tf, conforme demonstrado nos laudos em anexo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A quantidade de cada material utilizado na composição do concreto foi determinada a partir desses valores. Percebe-se que quando se aumentou a quantidade de vermiculita na composição do concreto, a quantidade de agregados foi reduzida, porém, a quantidade de água e cimento permanecem a mesma.

Os valores calculados dos traços de referência (T1), (T2) com adição de vermiculita, (T3) com adição de vermiculita e (T4) com adição de vermiculita, considerando a densidade de 110 kg/m<sup>3</sup> da vermiculita, conforme visto na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição do concreto para confecção dos corpos de prova

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-03</b>	<b>T-04</b>
Cimento	kg - m <sup>3</sup>	25 - 0.018	25 - 0.018	25 - 0,018	25 - 0,018
Areia Grossa	kg - m <sup>3</sup>	120 - 0.168	15 - 0.021	-	-
Pó de seixo britado	kg - m <sup>3</sup>	-	-	7.5 - 0.0105	15 - 0.021
Seixo Britado	kg - m <sup>3</sup>	60 - 0.084	-	7.5 - 0.0105	-
Vermiculita	kg - m <sup>3</sup>	-	10 - 0.011	10 - 0.011	10 - 0.011
Água	Litros - m <sup>3</sup>	36 - 0.036	18 - 0.018	18 - 0.018	18 - 0.018
<b>Volume total kg - m<sup>3</sup></b>		<b>241 - 0,306</b>	<b>68 - 0,068</b>	<b>68 - 0,068</b>	<b>68 - 0,068</b>

Fonte: Do autor (2019)

Na Tabela 8, são apresentados os quantitativos de materiais utilizados na produção dos traços em tara (quilograma - kg) e volume (metro cúbico – m<sup>3</sup>), para T-01 (traço padrão sem vermiculita), T-02 (traço sem adição de agregado graúdo e adição de vermiculita), T-03 (traço sem adição de agregado graúdo, com adição de agregado miúdo e adição de vermiculita) e T-04 (traço com adição de agregado miúdo e adição de vermiculita).

Após a produção do concreto com os traços acima descritos foi dado início ao processo de moldagem dos corpos de prova nos moldes metálicos de 10 cm x 20 cm.

Após 14 dias em imersão, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de ruptura para determinação da resistência a compressão no laboratório de materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Palmas, em que cada corpo de prova passou pelo mesmo procedimento de verificação de resistência a compressão.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO

### 4.2.1 Relatório de ensaio a compressão dos Traços aos 14 dias

Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial em oito corpos-de-prova cilíndrico, sendo 2 corpos de prova de concreto simples como traço de referência, outros 6 corpos de prova moldados com traços diferentes em sua composição de acordo com os critérios estabelecidos pelas normas vigentes.

Figura 13 - Corpos de prova rompidos com 14 dias



Fonte: Do autor (2019)

Utilizou-se a NBR 5739/2007 – Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos como diretriz norteadora para os ensaios acima descritos.

Tabela 9 - Resultados de Resistência a Compressão Axial aos 14 dias

Unidade CP	Data de moldagem	Data do ensaio	Idades (Dias)	Força de Ruptura (kgf)		Tensão de Ruptura (Mpa)	
				CP 01	CP 02	CP 01	CP 02
T-01	01/03/2019	15/03/2019	14	15.698	16370	19.6	20.4
T-02	01/03/2019	15/03/2019	14	1583	1496	2.0	1.9
T-03	01/03/2019	15/03/2019	14	2732	2580	3.4	3.2
T-04	01/03/2019	15/03/2019	14	5247	4965	6.6	6.2

Fonte: Do autor (2019)

Ressalta-se que a análise aqui apresentada é exclusiva aos materiais supracitados, salientando que os mesmos foram adquiridos pelo acadêmico pesquisador e que o Laboratório de Materiais de Construção Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas não forneceu qualquer dos elementos que fizeram parte da composição dos traços estudados bem como não participou da moldagem e nem da coleta dos corpos-de-prova, apenas procedendo com os ensaios dos mesmos nos equipamentos lá existentes.

#### 4.2.2 Relatório de ensaio a compressão do T1 aos 28 dias, Traço Padrão (sem vermiculita)

Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial em dois corpos-de-prova cilíndrico de concreto simples, os mesmos encontram-se de acordo com os critérios estabelecidos pelas normas vigentes.

Utilizou-se a NBR 5739/2007 – Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos como diretriz norteadora para os ensaios acima descritos.

Tabela 10 - Resultados de Resistência a Compressão Axial aos 28 dias

Unidade CP	Data de moldagem	Data do ensaio	Idades (Dias)	Força de Ruptura (kgf)		Tensão de Ruptura (Mpa)	
				CP 01	CP 02	CP 01	CP 02
T-01	01/03/2019	12/04/2019	28	18896	19015	23.6	23.7
T-02	01/03/2019	12/04/2019	28	1995	2049	2.5	2.6
T-03	01/03/2019	12/04/2019	28	2884	2981	3.6	3.7
T-04	01/03/2019	12/04/2019	28	6255	6136	7.8	7.7

Fonte: Do autor (2019)

Assim como os corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência à compressão aos 14 dias de cura, a análise aqui apresentada é relativa também aos corpos de prova testados aos 28 dias, salientando que os mesmos foram adquiridos pelo acadêmico pesquisador e que o Laboratório não tem conhecimento do traço e não participou da moldagem e nem da coleta dos corpos-de-prova, apenas procedendo com os ensaios dos mesmos através dos equipamentos.

Tabela 11 – Comparativo da resistência dos corpos de prova após 14 e 28 dias

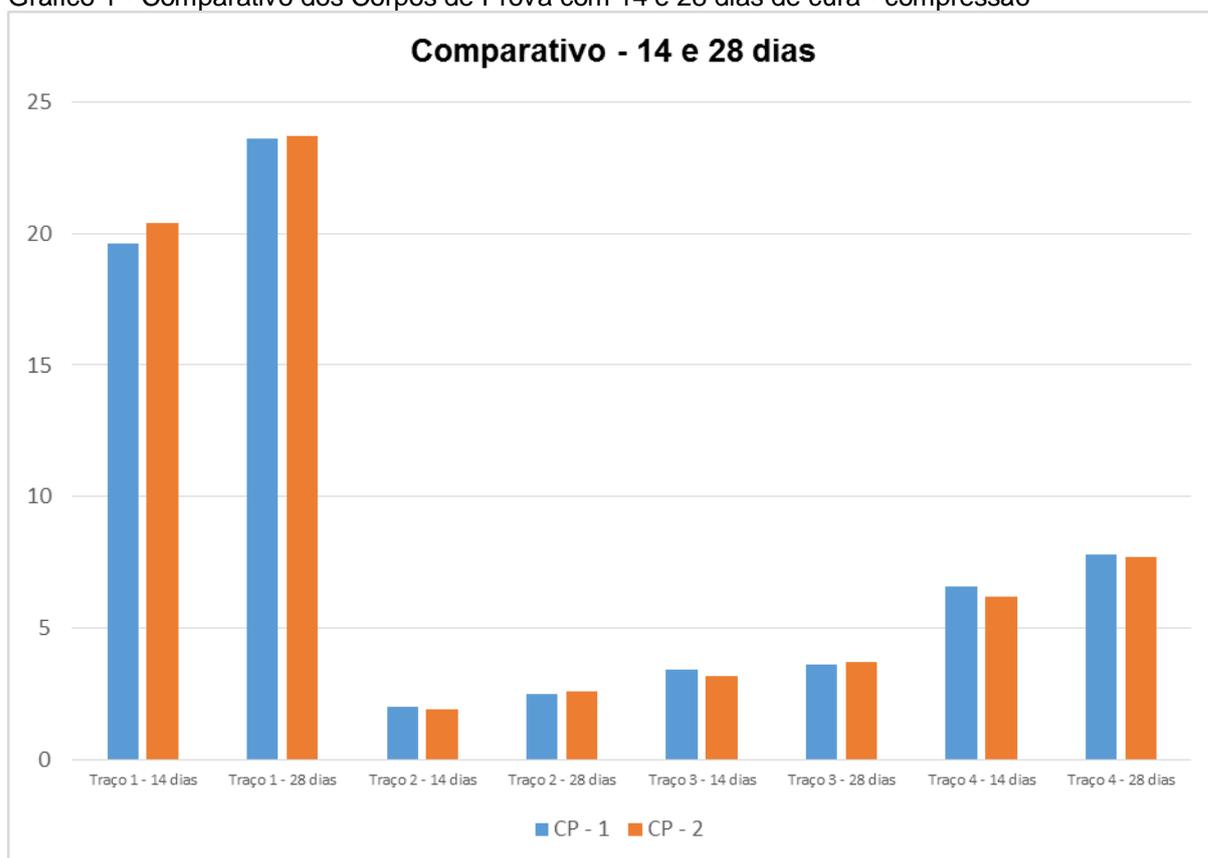
Traço	Teor de Vermiculita (%)	Resistência a Compressão (Mpa)	
		14 Dias	28 Dias
T-01	0	19.6	23.6
T-02	10	2.0	2.5
T-03	20	3.4	3.6
T-04	30	6.6	7.8

Fonte: Do autor (2019)

Quando comparados os corpos de prova submetidos ao ensaio de ruptura com 14 dias e 28 dias, considerando o corpo de prova 1 de ambos, percebe-se que há homogeneidade quanto ao padrão de resistência a compressão, demonstrando que a cura do concreto foi estável para todos os corpos de prova. O gráfico 1, demonstra a conformidade dos traços aplicados aos corpos de prova.

Conforme verificado nos valores apontados nos laudos de 14 e 28 dias, a resistência a compressão diminuiu, de acordo com o teor de vermiculita adicionada ficando superior a 20% no vigésimo oitavo dia.

Gráfico 1 - Comparativo dos Corpos de Prova com 14 e 28 dias de cura - compressão



Fonte: Do autor (2019)

Conforme demonstrado pelo gráfico 1, o traço 4, escolhido para ser utilizado na produção da placa de fechamento experimental, se mostrou homogêneo em ambas as curas, com maior heterogeneidade na cura de 28 dias, demonstrando que as características apresentadas são seguras e condizentes com a norma NBR 6118/2004, podendo ser empregado o referido traço aplicado com segurança, tanto do ponto de vista normativo quanto de viabilidade.

#### 4.2.3 Produção da Placa de Fechamento com adição de vermiculita

Para a produção da placa, foi empregado o seguinte traço:

- $\frac{1}{2}$  saco de cimento CP – II = 25 kg = 0.018 m<sup>3</sup>;
- 15 pás de areia grossa = 0.0225 m<sup>3</sup>;
- 13 pás de pó de brita = 0.0195 m<sup>3</sup>;
- 15 pás de vermiculita = 0.0225 m<sup>3</sup>;
- 1 balde de água de 18 litros = 0.018 m<sup>3</sup>;
- 0,2 m<sup>3</sup> de Isopor.

Definiu-se a dimensão de 1,10 metro de largura por 1,00 metro de altura, com malha de 6 barras de aço de 5/16" (7,94 mm) no sentido horizontal (altura da placa) e 5 barras de aço de 1/4" (6.35 mm) no sentido vertical (largura da placa).

Figura 14 - Forma de produção de placa de fechamento



Fonte: Do autor (2019)

Ainda não existe uma norma NBR específica que normatize a produção de placas de fechamento em concreto e por isso a necessidade de se fazer analogia

com a norma NBR 6118/2004, que é voltada para a produção de artefatos de concreto.

Após os ensaios de ruptura dos corpos de prova realizados no laboratório de materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP-ULBRA), optou-se por utilizar o traço 4, já que apresentou as melhores características de peso e resistência aos esforços solicitantes, chegando ao peso aproximado de 150 kg com a armação.

Figura 15 - Placa de fechamento pronta



Fonte: Do autor (2019)

Considerando o peso cubado do concreto, tem-se que 1 m<sup>3</sup> do concreto com adição de vermiculita chegue ao peso aproximado de 1200 kg, que ao ser comparado ao peso médio do concreto convencional, que é de 2500 kg por m<sup>3</sup>, tem-se uma redução na ordem de 50% no peso da peça.

O concreto produzido com adição de vermiculita manteve a trabalhabilidade sem que fosse necessário adicionar qualquer quantidade de aditivo superplastificante, já que este tem por finalidade melhorar as características do concreto no estado fresco, proporcionando-lhe maior plasticidade, e facilitando sua trabalhabilidade.

## 5 CONCLUSÃO

Após a realização dos procedimentos necessários para a determinação do traço de concreto com adição de vermiculita que apresentasse o melhor desempenho no tocante à resistência à compressão, ficou demonstrado que a substituição da areia grossa somada a adição da vermiculita expandida proporciona níveis de resistência à compressão condizentes com a necessidade especificada em norma para a produção de placas de fechamento.

Foi utilizado o traço de referência (convencional) T1, com peso total de 241 kg e volume de 0,306 m<sup>3</sup> e demais traços T2, T3, T4, com 68 kg e 0,068 m<sup>3</sup> de volume. A ideia central do trabalho foi demonstrar que entre os três traços alternativos com mesmo peso e mesmo volume, um deles apresentaria resistência à compressão suficiente para justificar seu emprego na produção das placas de fechamento em concreto leve com adição de vermiculita expandida, sendo o traço 4 (T4) o que apresentou melhor desempenho quanto a resistência à compressão, e portanto, o mesmo foi empregado na fabricação experimental de uma placa de fechamento em concreto leve com adição de vermiculita expandida, apresentada como elemento componente do presente trabalho de conclusão de curso em engenharia civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA.

Pôde-se concluir, com os resultados do estudo realizado, que existe a possibilidade viável de emprego da vermiculita expandida na produção do concreto leve com a finalidade de produção de placas de fechamento, já que os efeitos da substituição de agregados por vermiculita garantiu a resistência à compressão do concreto.

Os resultados mostraram também que a vermiculita tem como efeito no concreto a redução considerável do peso total sem que comprometa a sua resistência mecânica quando a finalidade for a produção de placas de fechamento. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o concreto produzido com adição de vermiculita pode ser utilizado em placas de fechamento com garantia de desempenho dentro dos padrões exigidos pelas normas vigentes, tendo em vista que ao ser adicionado a quantidade de vermiculita considerada ótima, o concreto apresentou resistência compatível com o concreto convencional para essa finalidade específica, quando comparado ao concreto sem adição de vermiculita.

A produção do concreto leve com adição de vermiculita expandida se mostra eficiente do ponto de vista técnico, já que sua aplicação confere leveza e resistência ao concreto, características necessárias quando se trata de racionalização no setor da construção civil. No caso específico da produção de concreto para fabricação de placas de fechamento, o emprego da vermiculita se mostra indicado, já que sua aplicação não é voltada para receber grandes esforços solicitantes provenientes da movimentação de pessoas ou veículos, o que já lhe garante empregabilidade sem riscos à estrutura a qual está submetida.

Esse tipo de concreto alternativo mostrou-se técnica e economicamente viável devido a redução dos custos com a utilização da vermiculita em substituição aos elementos convencionais de produção do concreto, que ao ser produzido em larga escala e a longo prazo, poderá apresentar custo consideravelmente mais baixo que o concreto convencional, podendo ser utilizado também em substituição aos blocos de alvenaria não estrutural entre outros, já que apresenta um ganho considerável na sua resistência e o fato de ser mais fácil de manusear e para montar.

Conforme demonstrado no experimento, o traço 4 foi o que apresentou as características de leveza e resistência necessárias com considerável redução no peso total da peça produzida especificamente para o experimento.

Com base no material bibliográfico estudado para a produção textual teórica do presente trabalho, foi possível constatar que o uso da vermiculita também pode ser uma alternativa ambientalmente sustentável, já que reduz a retirada de matéria prima da natureza, diminuindo assim as agressões ao meio ambiente, além de necessitar de áreas de compensação ambiental menores.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 6. ed. São Paulo: Ed. da UFGO, 2014.

ANDRADE, J. J. O. HELENE, P.; MEDEIROS, M. H. F. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. 2011. 37f. Tese (Pós-Doutorado em Engenharia Civil) - PUC RS, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado miúdo – determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo – determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

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 NM 45: Agregados – determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**, 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 46: Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira 75  $\mu\text{m}$ , por lavagem**, Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BISMARCHI, Luis Felipe. **Sustentabilidade e inovação no setor brasileiro da construção civil: um estudo exploratório sobre a implantação da política pública baseada em desempenho.** Dissertação (Mestrado em ciência ambiental). São Paulo: USP, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-05082011-215056/pt-br.>> Acesso em: 23 ago 2018.

BONDUKI, Nabil. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula.** Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo, 2008. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33388551/politica.habitacional.lula.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492464574&Signature=RQk91Z0IFJ5bPVnobM%2BPr%2BVPjqw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPolitica\\_habitacional\\_e\\_inclusao\\_social.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33388551/politica.habitacional.lula.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492464574&Signature=RQk91Z0IFJ5bPVnobM%2BPr%2BVPjqw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPolitica_habitacional_e_inclusao_social.pdf)> Acesso em: 28 ago 2018.

CADERNO TÉCNICO ALVENARIA ESTRUTURAL – **CT10. Prisma.** São Paulo: 2010. Suplemento

FERREIRA, Regina Fátima. **Movimentos de Moradia autogestão e política habitacional no Brasil: do acesso à moradia ao direito à cidade.** 2011. Disponível em: <<http://web.observatoriodasmetrolopoles.net/download/artigo-reginaferreira-isa.pdf/>>. Acesso em: 30 ago 2018.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil.** Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br/index.php/docman/cei/informativos-cei-eventuais/634-deficit-habitacional-06-09-2016/file>>. Acesso em: 26 ago 2018.

FURNAS. **Equipe de Concreto.** São Paulo: Pini, 1997.

HELENE, Paulo Roberto. **Contribuição ao estabelecimento de parâmetros para a dosagem e controle dos concretos de cimento Portland.** São Paulo, 1997.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2014.

MARTINS, Adriano. **Monografia relativa a corrosão em concretos.** Monografia. Universidade Paulista. São Paulo 2014

MAYCÁ, J. K; CREMONINI, R.A; RECENA, F.A.P. **Contribuição ao estudo da argila expandida nacional como alternativa de agregado graúdo para concretos leves estruturais (CLE).** Curso de especialização em construção civil – NORIE/UFRGS. Porto Alegre, 2009

MICHEVIZ, Juliana. **Análise experimental de blocos com função estrutural com agregados leves**. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/369/1/CT\\_EPC\\_2011\\_2\\_07.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/369/1/CT_EPC_2011_2_07.PDF)> Acesso em: 17 ago 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Déficit habitacional no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Como construir paredes de concreto. **Revista Técnica**. ed 147. Jun. 2009.

MONTEIRO, P. J. M; MEHTA, P. K. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 2014.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. USP – EESC – Dep. Eng. de Estruturas. São Carlos – SP: 2007.

PINI. **Anuário Pini de Construção**. edição 125 - Dezembro/2011. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/125/artigo299124-1.aspx>> Acesso em: 03 set 2018.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

PRIORI, A., et al. **A modernização do campo e o êxodo rural**. Maringá - PR: Eduem, 2012.

## APÊNDICES

[Exportar relatório](#)[Referências ABNT](#)[Visualizar ▾](#)

TCC II - Udson Finalizado- teste spider.doc (06/05/2019):

## Documentos candidatos

[ebah.com.br/content/...](#) [0,6%][passeidireto.com/arq...](#) [0,54%][pt.scribd.com/doc/52...](#) [0,34%][construnormas.pini.c...](#) [0,08%][reddeautores.com/tic...](#) [0,01%][target.com.br/produt...](#) [0,01%][scribd.com/document/...](#) [0%][msofficeforums.com/w...](#) [0%][pt.khanacademy.org/m...](#) [0%]

Arquivo de entrada: TCC II - Udson Finalizado- teste spider.doc (9354 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
<a href="#">ebah.com.br/content/...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1999	68	0,6	
<a href="#">passeidireto.com/arq...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1003	56	0,54	
<a href="#">pt.scribd.com/doc/52...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1258	37	0,34	
<a href="#">construnormas.pini.c...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	320	8	0,08	
<a href="#">reddeautores.com/tic...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1002	2	0,01	
<a href="#">target.com.br/produt...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	63	1	0,01	
<a href="#">scribd.com/document/...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	151	0	0	
<a href="#">vipelevadores.com.br...</a>	-	-	-	-	Conversão falhou
<a href="#">msofficeforums.com/w...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	601	0	0	
<a href="#">pt.khanacademy.org/m...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	123	0	0	