

CONCRETO LEVE DE ALTO DESEMPENHO COM ARGILA EXPANDIDA E ADIÇÃO DE COLA LÁTEX

Larissa Maria Bortolini E-mail: larissabortolini@hotmail.com

Resumo: O concreto leve surge como um material inovador e alternativo ao concreto convencional, visando melhorias para produtividade em estruturas de concreto. O uso da argila expandida, apresenta resultados satisfatórios quanto a redução de massa específica, que é a principal característica dos concretos leves. Outro fator importante, é a diminuição da resistência à compressão do concreto leve utilizando argila expandida quando comparado ao concreto convencional. O estudo visa melhorar as propriedades físicas e mecânicas do concreto leve no estado fresco e endurecido, tornando-o um concreto leve de alto desempenho. Para o procedimento experimental haverá a substituição do agregado graúdo por dois diâmetros de agregado leve em conjunto a adição de látex. As análises serão divididas em duas etapas, sendo elas: definição e caracterização dos agregados materiais e análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto. Os concretos leves serão analisados mediante aos ensaios de resistência à compressão axial e a resistência a tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias de idade, a resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade e absorção aos 28 dias de idade. O traço adotado será 1:0,42:0,49:0,49, partindo para a elaboração de um traço inicial, apenas com argila expandida, e mais dois traços com porcentagens de adição da cola látex com 2,5 e 7,5%, respectivamente, em relação a massa de cimento. Espera-se que após a realização dos ensaios, seja possível analisar a influência do látex em conjunto a sílica ativa e o aditivo plastificante na melhora das propriedades físicas e mecânicas do concreto leve.

Palavras-chave: Materiais de construção. Concreto modificado com polímeros. Concreto leve estrutural.

HIGH-PERFORMANCE LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH EXPANDED CLAY AND LATEX GLUE ADDITION

Abstract: Lightweight concrete emerges as an innovative and alternative material to conventional concrete, aiming at improvements to productivity in concrete structures. The use of expanded clay presents satisfactory results regarding the specific mass reduction, which is the main characteristic of light concrete. Another important factor is the decrease in the compressive strength of light concrete using expanded clay when compared to conventional concrete. The study aims to improve the physical and mechanical properties of light concrete in the fresh and hardened state, making it a high performance lightweight concrete. For the experimental procedure there will be the replacement of the large aggregate by two diameters of light aggregate together the addition of latex. The analyses will be divided into two stages: definition and characterization of material aggregates and analysis of the physical and mechanical properties of concrete. The light concretes will be analyzed by means of axial compressive strength tests and diametric compression tensile strength at 7 and 28 days of age, tensile strength in flexion, modulus of elasticity and absorption at 28 days of age. The adopted trait will be 1:0.42:0.49:0.49, starting for the elaboration of an initial trait, only with expanded clay, and two more traces with percentages of addition of latex glue with 2.5 and 7.5%, respectively, in relation to cement mass. It is expected that after the tests, it is possible to analyze the influence of latex together the active silica and the plasticizing additive in the improvement of the physical and mechanical properties of light concrete.

Keywords: Building materials. Modified concrete with polymers. Structural light concrete.

1. Introdução

O desenvolvimento de concretos especiais teve início no século XX, relativamente pouco tempo após o patenteamento do cimento Portland. Foram surgindo e sendo estudados cada vez mais materiais, naturais ou sintéticos, incorporados no concreto com vários propósitos e distintas características atribuídas ao produto final (SANTOS; VIEIRA e OLIVEIRA, 2018).

A partir do desenvolvimento destes novos materiais e técnicas de estudos, resultou em um profundo estudo da utilização dos concretos especiais, principalmente dos concretos com agregados leves, caracterizados pelos seus excelentes desempenhos quanto à massa específica e ao conforto térmico, aliados a manutenção da resistência mecânica (ANGELIN, 2014).

Os concretos com agregados leves têm sido utilizados desde o início do século passado, para fins estruturais e de vedação, com excelentes resultados. A partir de 1980, foram realizadas rigorosas pesquisas sobre os concretos leves, em todo mundo, demonstrando grande potencial do uso desse material, nas mais diversas áreas da construção civil. A redução da massa específica do concreto, com a manutenção da resistência mecânica, propicia a redução do peso próprio das cargas na fundação, com conseqüente redução de custo final da obra (ROSSIGNOLO; PAULON E AGNESINI, 2001).

No Brasil, a modesta aplicação do concreto estrutural leve é voltada para elementos construtivos pré-fabricados. Entre as aplicações se destacam a ampliação do Rio Centro, no Rio de Janeiro, o pavilhão de exposição do Anhembi, em São Paulo, o edifício da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da UPS, e o Hotel Grand Hyatt, nos painéis da fachada (ROSSIGNOLO e AGNESINI, 2005).

Nos últimos anos, algumas pesquisas foram realizadas com o intuito de otimizar, ainda mais, as propriedades dos concretos de alto desempenho. Dentre elas, destacam-se: a união das características otimizadas do CAD com baixa massa específica dos concretos leves estruturais (CLE), obtendo-se, assim, o concreto leve de alto desempenho (CLAD) e a utilização de polímeros na modificação de concretos, surgindo os concretos modificados com polímeros (PCM).

Nesta pesquisa, o objetivo será analisar o desempenho das propriedades do concreto leve estrutural com a utilização da argila expandida como agregado leve e a adição da cola látex no estado fresco e endurecido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Concreto

De acordo com a ABNT NBR 12655 - Concreto de cimento Portland – preparo, controle e recebimento – procedimentos (ABNT, 2006), o concreto é o material resultante da mistura homogênea de cimento, agregados e água, com ou sem a incorporação de aditivos. Esses compostos, são amplamente utilizados em todo o mundo devido suas propriedades tanto no estado fresco, quando endurecido.

O concreto tradicional é resultado da mistura de aglomerante (cimento), agregados (areia e brita) e água, em suas devidas proporções. Em um primeiro momento, o material apresenta plasticidade adequada para as operações de manuseio, transporte e

lançamento em fôrmas e com o passar do tempo vai ganhando resistência e coesão (SILVA JUNIOR, 2020).

A relação água/cimento e o grau de hidratação da pasta são os principais parâmetros que regem as propriedades do concreto e definem sua qualidade potencial. Portanto, em obras, deve-se manter um controle nos procedimentos de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e desmoldagem, a fim de que o concreto apresente o desempenho desejado (HELENE E ANDRADE, 2010).

A baixa resistência à tração e a elevada massa específica são características que limitam a utilização do concreto convencional, impulsionando nas últimas décadas pesquisas com intuito de aprimorar essa tecnologia e melhorar seu desempenho frente as diferentes situações, propiciando o surgimento dos chamados concretos especiais (WEIRICH, 2017).

2.2 Concreto leve estrutural com argila expandida

Concreto leve é um termo utilizado para concretos que possuem uma massa específica inferior a 2000 kg/m³ e que possui como principal aglomerante o Cimento Portland. Sua baixa densidade pode ser obtida através da utilização de agregados leves e/ou incorporação de ar e ainda podem ser utilizados aditivos de base polimérica, agentes espumíferos e/ou aditivos minerais (OZÓRIO, 2016).

De acordo com Neville (2016), os agregados leves possuem uma importante característica inexistente no agregado normal e que é importante para a determinação das proporções e propriedades associadas do concreto resultante. Essa propriedade é a capacidade de os agregados leves absorverem grandes quantidades de água e também de possibilitar o ingresso limitado de pasta de cimento fresca nos poros abertos (superficiais) das partículas de agregados, em especial as maiores.

Para a análise das propriedades dos concretos leves, deve-se considerar que os agregados apresentam resistência mecânica relativamente baixa e, com isso, a resistência mecânica da matriz de cimento apresenta grande importância na resistência mecânica dos concretos (ROSSIGNOLO, 2003).

Os concretos estruturais leves produzidos com argila expandida possuem baixo peso específico, proporcionando a redução de seções transversais e dimensões das fundações. Essa redução do peso dos elementos estruturais facilita a manipulação no momento da obra e, conseqüentemente, o aumento de produtividade (BARCELOS, et al., 2016).

O concreto estrutural com agregado leve deve atender aos valores mínimos de resistência à compressão aos 28 dias, para cada massa específica aparente, de acordo com a NM 35 – Agregados leves para concreto estrutural – Especificação (ANM, 1995). Segundo Silva Junior (2020), a preocupação em reduzir as elevadas cargas provenientes dos elementos construtivos de concreto e, conseqüentemente, melhorar o desempenho técnico-econômico das estruturas, resultam em estudos que buscam o desenvolvimento de concretos leves que possuem redução da massa específica sem que haja perda da resistência e durabilidade.

Rezende, Boscato e Figueiredo (2019), realizaram uma pesquisa sobre concreto leve utilizando-se a argila expandida em substituição à brita em porcentagem de 100% e 50%, seguindo as exigências das normas brasileiras. Os resultados dos ensaios de caracterização física do agregado, assim como os resultados de ensaios de resistências à compressão simples e tração mostraram que é possível se utilizar a argila expandida em substituição do agregado graúdo para fins estruturais, desde que se respeitem as

exigências mínimas de resistência a compressão simples para as respectivas classes de agressividade ambiental.

Maycá, Recena e Cremonini (2009) realizaram o estudo com substituição total do agregado graúdo por argila expandida, sendo executados 09 traços com variações no teor de argila expandida (20%, 30% e 40%) e na matriz cimento areia (1:3; 1:4 e 1:5, em massa). Foram realizados ensaios de resistência à compressão aos 7 e 28 dias de idade e verificada a massa específica de cada traço. Os resultados de resistência à compressão variaram entre 10 e 33 MPa e massa específica entre 1470 kg/m³ e 1829 kg/m³.

2.3 Concreto leve estrutural de alto desempenho com látex

O concreto leve de alto desempenho (CLAD) é um material de construção consagrado em todo o mundo nos mais diversos tipos de construções, como plataformas marítimas flutuantes, pontes e edifícios pré-fabricados. Além da redução da massa específica, o CLAD apresenta outras vantagens, como maior isolamento térmico e acústico, maior resistência ao fogo e alta resistência ao gelo e degelo. A intenção principal desse artigo é apresentar o atual estágio de desenvolvimento desse material em diversos países, através da análise de obras e pesquisas recentes, assim como da normalização existente para projeto e produção (ROSSIGNOLO; PAULON E AGNESINI, 2001).

Com isso, torna-se um material de construção consagrado em todo o mundo para os mais diversos tipos de construções, como: plataformas marítimas flutuantes, pontes e edifícios pré-fabricados. Além da redução da massa específica, o CLAD apresenta outras vantagens, como maior isolamento térmico e acústico, maior resistência ao fogo e alta resistência ao gelo e degelo.

Santos, Vieira e Oliveira (2018), analisaram e avaliaram o desempenho da incorporação de agregados leves nas matrizes cimentícias de alto desempenho. A utilização de vários agregados permitirá uma otimização do desempenho mecânico e a definição do concreto mais resistente em função de sua densidade (SANTOS; VIEIRA; OLIVEIRA, 2018).

Conforme Neville (2016), as proporções especiais dos componentes do concreto de alto desempenho, ou seja, o elevado consumo de cimento, a relação água/cimento bastante baixa e a elevada dosagem de aditivo superplastificante influenciam as propriedades do concreto fresco, em alguns aspectos, de modo diferente dos concretos convencionais. A resistência à abrasão do concreto é muito boa, não somente devido à alta resistência dele, mas também devido à boa aderência entre o agregado graúdo e a matriz, a qual previne o desgaste diferenciado da superfície (NEVILLE, 2016).

Seitenfus, Lima e Silva (2014), afirmam que apesar de não haver uma definição única que caracterize o CAD, no Brasil os concretos convencionais têm resistência a compressão entre 20 e 40 MPa, portanto concretos de resistência acima de 45 MPa já são considerados concretos especiais ou concreto de elevado desempenho.

Atualmente, além da designação de borracha natural, utiliza-se o termo látex como sinônimo de adição polimérica sob a forma de emulsão em água e encontra-se frequentemente referido na literatura estrangeira, principalmente na norte-americana, para descrever a emulsão polimérica resultante de uma polimerização por emulsão (ROSSIGNOLO, 2003).

De acordo com Siqueira (2007), os concretos modificados com látex apresentam um aumento na trabalhabilidade com relação aos concretos não modificados. Isto se deve ao

dispersante dos componentes do látex combinados a água. As partículas do polímero agem como plastificantes, aumentando consideravelmente a trabalhabilidade das misturas para uma mesma relação água/cimento, promovendo assim, os benefícios dos plastificantes.

Quanto ao tempo de pega, tem-se observado que a modificação com látex não altera significativamente a mesma, podendo-se obter valores levemente maiores do que os apresentados pelos concretos convencionais (SIQUEIRA, 2007). Na produção dos concretos modificados com SB pode-se utilizar os mesmos materiais componentes e processos de misturas, transporte e adensamento para os concretos convencionais (ROSSIGNOLO, 2003).

Nos estudos realizados por Tezuka (1988) e Okba *et. al* (1997), observou-se que os valores da resistência à tração por compressão diametral dos concretos modificados com SB variaram entre 13 e 18% dos valores da resistência à compressão, notavelmente superior ao observado para os concretos tradicionais, geralmente abaixo de 10% da resistência à compressão.

Com relação a resistência à tração na flexão, observa-se nas pesquisas realizadas por Tezuka (1988), Storte (1991), Ferreira Júnior (1997), os concretos modificados com SB apresentaram aumento entre 10% e 40% dos valores dessa propriedade em relação ao tradicional. Nestes estudos os valores da relação P/C variaram entre 5 e 20%, em massa.

3. METODOLOGIA

O processo experimental para os concretos produzidos nesta pesquisa será composto por três principais etapas: a) caracterização dos materiais, b) produção dos concretos e, c) realização dos ensaios. Os estudos foram realizados no laboratório de materiais de construção da Faculdade Educacional de Medianeira – UDC.

3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Composição granulométrica, massa específica, massa unitária e absorção do agregado miúdo (areia)

Para a determinação das características da areia será necessário realizar ensaios de granulometria, massa específica, massa unitária e absorção de água, estes serão baseados normas descritas a seguir.

Para a realização deste ensaio, será necessário seguir os parâmetros adotados e determinados pela ABNT NBR 16915:2021. Através disso, pode-se classificar a dimensão máxima característica, módulo de finura e porcentagem média retida e acumulada em cada peneira.

Para a determinação da amostragem da areia será adotado como referência a norma ABNT NBR 16915:2021. A massa específica e a absorção de água para agregados miúdos são estabelecidas pela norma ABNT NBR 16916:2021.

O método utilizado para a determinação da massa unitária e do volume de vazios dos agregados, seguirá os itens dados pela ABNT NBR 16972:2021. Para a realizar o ensaio

utilizou-se um recipiente de 10 litros, e em seguida colocou-se o agregado em três camadas, sendo golpeadas 25 vezes cada camada.

O ensaio de absorção de água seguiu os procedimentos da norma ABNT NBR 16916:2021.

3.2 Dosagem e produção do concreto leve de alto desempenho com argila expandida e adição da cola látex.

Foram usados os seguintes materiais para o desenvolvimento do concreto leve de alto desempenho:

- a) Cimento Portland de alta resistência inicial (CPV ARI RS);
- b) Agregado miúdo (areia);
- c) Agregado graúdo leve (argila expandida);
- d) Sílica ativa (SA);
- e) Água;
- f) Aditivo plastificante;
- g) Cola de látex.

3.2.1 Traço

Para as análises foram elaborados 3 (três) traços de concreto leve, o traço de referência com a substituição do agregado graúdo pelo agregado leve (argila expandida) e os outros dois traços empregou-se a adição de 2,5 e 7,5% de látex em relação a massa de cimento, seguindo os parâmetros de Rossignolo (2003).

As quantidades dos agregados, em massa, 30% de areia natural, 35% de Cinexpan 0500 e 35% de Cinexpan 1506, respectivamente. Os teores de sílica ativa foram de 10% em relação a massa de cimento e o aditivo utilizou-se o mínimo recomendado pelo fabricante.

As relações água/cimento referem-se à quantidade total de água na mistura, inclusive a presença no látex e no aditivo plastificante. Os teores de água, em relação aos materiais secos, foram analisados e fixados em uma relação água/cimento de 0,45.

3.2.2 Ensaio do tempo de pega e moldagem dos corpos de prova

Inicialmente, para análise da interação do Cimento Portland CPV ARI RS, sílica ativa, aditivo plastificante e também a adição da cola látex, realizou-se o ensaio do tempo de pega, de acordo com a norma NBR 16606:2018 e ABNT NBR 16607:2018 para determinar o início e fim de pega da pasta.

A moldagem dos corpos de prova seguiu os parâmetros propostos pela NBR 5738:2018. O número de amostrar e dimensões dos corpos de provas para os ensaios estão especificados no

QUADRO 1.

QUADRO 1 - NÚMERO DE AMOSTRAS E DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA NECESSÁRIAS PARA OS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA MECÂNICA

Ensaio	Dimensão dos CP's	Volume CP's (cm ³)	Número de CP's por idade	Idades analisadas (dias)	Idades analisadas
Resistência à compressão axial	100x200mm	1570,80	5	7 e 28	2
Absorção de água	100x200mm	1570,80	3	28	1
Resistência à tração por compressão diametral	100x200mm	1570,80	4	7,28	2
Resistência à tração na flexão	150x150x500	11250	3	28	1
Módulo de elasticidade	100x200mm	1570,80	3	28	1

FONTE: Autora (2022)

Para o adensamento dos corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura adotou-se 15 golpes, de acordo com o número de camadas e para os corpos de prova prismáticos 150x150x50mm, 17 golpes a cada 10000 mm² de área, de acordo com a ABNT NBR 5738:2018.

A desmoldagem e identificação do material será realizada após 24 horas da moldagem dos corpos de prova. Em seguida, os corpos de provas serão armazenados em uma câmara úmida para o processo de cura até os devidos ensaios, de 7 e 28 dias, conforme as prescrições da ABNT NBR 5738:2018.

3.3 Ensaios do concreto leve no estado fresco

3.3.1 Índice de Consistência e massa específica no estado fresco

O ensaio de consistência foi realizado conforme os parâmetros adotados na norma ABNT NBR 16889:2020 para os três traços. O ensaio do abatimento de cone (Slump Test), constituiu-se no preenchimento de um molde de concreto, o qual recebe 3 camadas iguais, cada camada será compactada por 25 golpes. Ao retirar o tronco de cone, foi possível avaliar o abatimento.

A determinação da massa específica no estado fresco seguiu a norma ABNT NBR 9833:2008. O adensamento do concreto foi realizado de forma manual, contendo o preenchimento de 3 camadas iguais, recebendo cada camada um número de 25 golpes. Após a regularização da superfície, pesou-se o recipiente com o material, obtendo assim a massa específica do concreto.

3.4 Ensaios do concreto leve no estado endurecido

Os ensaios realizados no estado endurecido, partem para a análise das propriedades físicas e mecânicas.

Os ensaios de resistência a compressão axial ocorreram de acordo com os parâmetros normativos da ABNT NBR 5739:2018, em corpos de provas cilíndricos. Será executado aos 7 e 28 dias, após a desmoldagem dos corpos de prova.

A resistência à tração por compressão diametral consiste na compressão da aresta do cilindro, segundo a NBR 7222:2011. Para as análises, foram avaliadas as idades de 7 e 28 dias.

Para determinar a tração na flexão serão seguidos os parâmetros propostos pela norma NBR 12142:2012, sendo utilizados os corpos de provas prismáticos aos 28 dias.

A determinação dos valores do módulo de elasticidade, procederam com as recomendações da NBR 8522:2021, para o concreto na idade de 28 dias, utilizando os corpos de prova cilíndricos. Com os resultados será desenvolvido o diagrama de tensão-deformação.

A análise da absorção de água por imersão foi realizada, conforme a NBR 9778:2009 para a idade de 28 dias, com os corpos de provas cilíndricos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho buscará analisar a intenção de melhorar o desempenho das propriedades relacionadas à durabilidade e resistência mecânica dos concretos leves, tornando-os ainda mais adequados à produção de elementos esbeltos.

No estudo da interação entre os materiais incorporados no concreto leve, espera-se que não haja nenhum tipo de incompatibilidade do uso conjunto de cimento de alta resistência inicial, sílica ativa, látex de estireno butadieno (SB) e superplastificante acelerador. Será verificado os tempos de início e fim de pega das pastas modificadas com SB, em relação às sem SB.

Percebe-se através das pesquisas analisadas, que a substituição dos agregados tradicionais por agregados leves, reduzem a massa específica, altera o desempenho de diversas propriedades dos concretos, destacando a redução da resistência mecânica e redução do módulo de deformação.

Por esse motivo, a adição do látex de estireno butadieno auxiliará no aumento a resistência da tração na flexão. Nos estudos analisados, para todas as dosagens e idades estudadas, os concretos modificados com SB apresentaram aumento dos valores de resistência à tração, tanto na compressão diametral quanto na flexão, em comparação aos concretos leves sem SB. Essa melhoria de desempenho da resistência à tração foi crescente, com o aumento da relação P/C (polímero/cimento).

Observa-se que os concretos leves modificados com SB apresentam retardamento do aumento dos valores da resistência à compressão em comparação aos concretos sem SB, principalmente nas dosagens com maior consumo de cimento. Esse efeito, pode ser atribuído, principalmente, ao aumento do tempo de pega da pasta de cimento modificada com SB. Dessa forma, a sílica ativa tende a promover melhorias nas propriedades mecânicas, quando comparado com as amostras de referência.

Estima-se que os valores do módulo de deformação sejam significativamente inferiores aos obtidos para os concretos tradicionais, com características semelhantes de dosagem, onde será analisada a influência da utilização de SB nos valores do módulo de deformação dos concretos leves. Além disso, espera-se que os concretos apresentem um índice de consistência e trabalhabilidade adequadas para a moldagem dos corpos de prova.

Portanto, com o intuito de atingir o objetivo proposto e através da revisão bibliográfica, o estudo analisará a influência do látex de estireno butadieno, com teores de látex/cimento fixados em 10 e 20%, em massa, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Com base nos ensaios elaborados pelos autores usados como referência, analisa-se o comportamento do concreto leve com a substituição da argila expandida e a adição do látex, a fim de obter parâmetros para a execução dos ensaios.

Observou-se que a utilização do látex nos concretos leves promove melhoria expressiva do desempenho de algumas propriedades, como a redução da relação a/c e aumento da resistência à tração.

Desta forma, busca-se o desenvolvimento de um concreto leve de alto desempenho para a utilização específica no setor da construção civil, na produção de elementos pré-fabricados, tais como painéis estruturais e de vedação, tendo uma melhora nas propriedades de resistência mecânica e durabilidade, devida à utilização da sílica ativa, superplastificante, látex e agregados leves.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 35** – AGREGADOS LEVES PARA CONCRETO ESTRUTURAL - ESPECIFICAÇÕES. RIO DE JANEIRO, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto endurecido - Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Rio de Janeiro: Abnt, 2021. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833**: Concreto Fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: Abnt, 2008. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos
Rio de Janeiro: Abnt, 2010. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655**. CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND - PREPARO, CONTROLE, RECEBIMENTO E ACEITAÇÃO - PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIRO, 2015. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12821**: PREPARAÇÃO DE CONCRETO EM LABORATÓRIO. RIO DE JANEIRO, 2009. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606**: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607**: Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16915**: Agregados - Amostragem, 2021. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregados miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. 2021. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos, 2018. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: Abnt, 2020. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: Abnt, 2021. 6 p.

ANDRADE, J. F. et al. **Aplicação de métodos de inteligência computacional para a previsão de propriedades mecânicas do concreto de agregado leve**. In: IBERO-LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, XXXVI., 2015, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABMEC, 2015. p. 22-25.

ANGELIN, A. F. **Concreto leve estrutural - Desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturais**. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas, Limeira - SP, 2014.

BARCELOS *et. al.* **Confecção de concreto estrutural leve substituindo parte dos agregados graudos por argila expandida**. 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Águas de Lindóia - SP, 2016.

BORJA, E. V., **EFEITO DA ADIÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA E ADIÇÕES MINERAIS NA FORMULAÇÃO DE CONCRETOS ESTRUTURAS LEVES AUTOADENSÁVEIS**. TESE – ENGENHARIA MECÂNICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN), NATAL/RN, 2011.

CATOIA, T. **CONCRETO ULTRALEVE® ESTRUTURAL COM PÉROLAS DE EPS: CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL E ESTUDO DE SUA APLICAÇÃO EM LAJES**. TESE (DOUTORADO). ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2012.

CINEXPAN. **Argila Expandida**. Disponível em: <<https://www.cinexpan.com.br/concreto-leve-estrutural.html>>. Acesso em 12 de outubro de 2021.

FAGUNDES, L.P.J. **Estudo da resistência mecânica em concretos convencionais reforçados com fibra de aço**. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, DCEEng., UNIJUÍ, Santa Rosa, 2014.

FERREIRA, C. N. G. **DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAS EM CONCRETO LEVE**. 2015. 166 F. DISSERTAÇÃO (PÓS-GRADUADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO) – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2015.

FERREIRA JR. **Concretos especiais para pavimentos: Uso do látex, microsilica e fibras de aço**. São Paulo, ABCP. Publicação ET-96, 1997.

ROSSIGNOLO, J.A. **CONCRETO LEVE DE ALTO DESEMPENHO MODIFICADO COM SB PARA PRÉ-FABRICADOS ESBELTOS – DOSAGEM, PRODUÇÃO, PROPRIEDADES E MICROESTRUTURA**. TESE (DOUTORADO), INTERUNIDADES EESC/IFSC/IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2003.

ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M.V.C. **Concreto leve estrutural**. In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações, São Paulo, IBRACON, v.2, p. 333-62, 2005.

ROSSIGNOLO, J.A. **MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DO CONCRETO LEVE ESTRUTURAL DE ALTO DESEMPENHO**. REVISTA MINERVA, v.2, p.99-106, 2005.

ROSSIGNOLO, J.A.; PAULON, V.A.; AGNESINI, M.V.C. **CONCRETO LEVE DE ELEVADO DESEMPENHO**. REVISTA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, n.56, p.24-30, 2001.

MAYCÁ, J.; RECENA, F.A.P.; CREMONINI, R.A. **Contribuição ao estudo da argila expandida nacional como alternativa de agregado graúdo para concretos leves estruturais**. Curso de especialização em construção civil – NORIE/UFRGS, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: MICROESTRUTURA, PROPRIEDADES E MATERIAIS**. 2. ED. SÃO PAULO: IBRACON, 2014.

MONTEADOR, L.C. (2004). **DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO A SER UTILIZADO COMO ALMOFADA DE APOIO NAS LIGAÇÕES ENTRE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS**. 144P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2004.

OZÓRIO, B. P. M. **CONCRETO LEVE COM PÉROLAS DE EPS: ESTUDO DE DOSAGENS E CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS.** 2016. 154 F. TESE (DOUTORADO EM ESTRUTURAS) – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO CARLOS, 2016.

HELENE, P; ANDRADE, T. **CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND.** IN: ISAIA, G. C. (ORG.). **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2 ED. SÃO PAULO: IBRACON, 2010. CAP. 29. P.905-944.

NEVILLE, A. M. **PROPERTIES OF CONCRETE.** 5. ED. HARLOW: PEARSON, 2011.

NEVILLE, A. M., “**Propriedades do Concreto**” – 2ª Edição – Ed. PINI, São Paulo, 2016.

OHAMA, Y. **Principle of látex modification and some typical properties of látex modified of látex-modified mortars and concretes.** *ACI MATERIALS JOURNAL*, n.84, p.511-518, 1987.

OKBA, S.H.; EL-DIED, A.S.; REDA M. M. **Evaluation of the corrosion resistance of látex modified concrete (LMC).** *Cement and Concrete Research*, v.27, n.6, p.861-868, 1997.

REZENDE, K. S; BOSCATO, L. C.; FIGUEIREDO, T. C. **Análise comparativa de propriedades mecânicas de um concreto leve em relação ao concreto convencional.** *Revista Unisientiae*, [s. l], v. 2, n. 1, p. 3-9, jun. 2019.

SANTIS, ET AL. **AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE CONCRETOS ESTRUTURAIS COM AGREGADOS LEVES INOVADORES UTILIZANDO A CARBONATAÇÃO ACELERADA.** IN: FABRÍCIO, M. M.; BRITO, A. C.; VITTORINO, F. (ORG.). **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVAS INOVADORAS: CONFORTO AMBIENTAL, DURABILIDADE E PÓS-OCUPAÇÃO.** 1 ED. PORTO ALEGRE: ANTAC, 2017, v. 3, p. 349-370.

SANTOS, C. O., VIEIRA, S. P., OLIVEIRA, D. R. **Dosagem de concretos leves de alto desempenho com poliestireno expandido e escória de alto forno.** *Revista Perquirere*, 15(4 número especial):161-180, 2018.

SCOBAR, R.L. **Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida.** Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR, Campo Mourão, 2016.

SILVA, B. M. M. **BETÃO LEVE ESTRUTURAL COM AGREGADOS DE ARGILA EXPANDIDA.** 2007. 180 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ESTRUTURAS DE ENGENHARIA CIVIL) – FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTO, 2007.

SILVA JUNIOR, E. D. **Estudo comparativo entre a utilização de concreto leve e concreto convencional em elementos estruturais de um edifício multipavimentos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2020.

STORTE, M. **LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO: APLICAÇÕES EM CONCRETOS DE CIMENTO E POLÍMERO.** PALANCA EDITORA TÉCNICA LTDA. SÃO PAULO, 1991.

SIQUEIRA, G.H. (2007). **Almofada de apoio de compósito de cimento para ligações em concreto pré-moldado.** 169p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

TEZUKA, Y. **Concreto de cimento e polímero.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, 1988.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland.** In: ISAIA, G. C. (Ed.) **concreto: ciência e tecnologia.** São Paulo: IBRACON, 2011. P.415-452.

WEIRICH, J. B. **Análise da perda de resistência do concreto leve, com argila expandida e fibras de polipropileno, após exposição a elevadas temperaturas.** 2017. 94 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.
Título: subtítulo. Edição. Cidade de publicação: Editora, ano.