

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental

## **AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À COMPRESSÃO E FLEXÃO DE ARGAMASSAS COM A INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS FINOS**

*Marina Keiko Matsumoto<sup>1</sup> (matsumotomarina@gmail.com), Raiane Carolina Teixeira de Oliveira<sup>1</sup> (raiane@unipam.edu.br), Bruno Vinícius Correa Silva<sup>1</sup> (brunovinicios775@gmail.com), Bruno de Souza Vieira<sup>1</sup> (brunosouza3m@hotmail.com), Paulo Augusto Roberto da Silva<sup>1</sup> (paulokera@gmail.com), Daniel Oliveira e Silva<sup>1</sup> (danielos@unipam.edu.br)*

<sup>1</sup> UNIPAM- Centro Universitário de Patos de Minas

### **RESUMO**

O Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM possui um robô (Accurate CNC), responsável por confeccionar as trilhas e furos de placas de circuito impresso. A confecção da placa gera um resíduo em pó compósito – predominantemente cobre e fibra de vidro. Atualmente, esse resíduo é descartado no lixo comum sem qualquer separação ou destinação apropriada. Este trabalho propõe um fim alternativo para o resíduo, adicionando-o na mistura de argamassa. Para avaliar os efeitos dessa adição, foi feita a análise através de ensaios de compressão e flexão sobre a influência da adição de 2,5% e 5% de resíduos de placas de circuito impresso. A mistura de argamassa de referência foi à mistura padrão regulamentada pela norma ABNT NBR 7215:1996.

**Palavras-chave:** Adição; Resíduo; Argamassa.

## **EVALUATION OF ADHERENCE RESISTANCE TO THE COMPRESSION AND FLEXION OF MORTARS WITH THE INCORPORATION OF FINE AGGREGATES**

### **ABSTRACT**

The University Center of Patos de Minas - UNIPAM has a robot (Accurate CNC), responsible for making the tracks and holes of printed circuit boards. The preparation of the plate generates a composite powder residue - predominantly copper and fiberglass. Currently, this waste is disposed of in the common garbage without any separation or proper discard. This work proposes an alternative end for the residue by adding it to the mortar mixture. To evaluate the effects of this addition, the analysis was carried out by compression and bending tests on the influence of the addition of 2.5% and 5% of printed circuit boards. The reference mortar mixture was the standard mixture regulated by ABNT NBR 7215: 1996.

**Keywords:** Addition; Residue; Mortar.

### **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente a construção civil está constantemente enfrentando novos desafios à medida que as expectativas dos consumidores e as obrigações legais se tornam cada vez mais exigentes (ADAMUS, 2014), discutindo-se a importância da durabilidade e vida útil das construções, por meio da racionalização de processos e iniciativas mais sustentáveis, importantes para a criação de obras de qualidade. Neste sentido, é fundamental a aplicação de sistemas eficientes que proporcionem condições adequadas de segurança estrutural, conforto e capacidade funcional. Na ausência destes fatores, pode-se potencializar riscos, inviabilizar obras e causar vários prejuízos (JANTSCH,2015).

De acordo com Richter (2007) um dos problemas mais encontrados no Brasil é causado pela presença de água ou umidade na parte estrutural. De acordo com o mesmo, seis empreendimentos de habitação de interesse social no Rio Grande do Sul à infiltração de água nas construções. Brito et al., (2011) realizou uma pesquisa com 42 empreendimentos, comprovando a infiltração de água no sistema de vedação vertical, sendo apontado por 75% dos entrevistados.

A argamassa é um dos principais materiais para a construção civil, ela fornece a continuidade necessária para a estabilidade e exclusão de elementos climáticos em montagens de alvenaria

tanto no acabamento, quanto na armação de estruturas (MOHAMMED et al., 2015). Basicamente, sua função é proporcionar impermeabilidade e estabilidade para a edificação. A argamassa é um dos materiais utilizados da antiguidade, o registro mais antigo de uso de argamassa é de 5.600 a.C em uma laje de 25 cm de espessura, também executada com cal e areia. Com o passar dos anos, pesquisadores têm trabalhado para melhoria da durabilidade e resistência da argamassa. Essa evolução trouxe estudos que comprovam a melhoria do material através da inclusão de componentes na “receita padrão”, o que pode ser visto em várias aplicações da construção civil (PERUZZI, 2000).

Os revestimentos exteriores, como as argamassas, desempenham um papel fundamental para a vida útil de uma estrutura, pois a recobrem como uma pele, sendo a primeira camada de proteção, estando mais sujeitos as ações de degradação e intemperismos (ASHWORTH, 1996).

O procedimento de mistura das argamassas de revestimento, ou seja, a sequência de adição dos insumos na mistura é fundamental para o desempenho no estado fresco. Nesse procedimento deve existir uma garantia de homogeneidade, a padronização do traço e o controle do consumo de água, que são fatores que deverão influenciar diretamente na obtenção de bons resultados (YANG; JENNINGS, 1995).

As placas utilizadas para fazer *Printed circuit board* - PCBs – o que em português significa placas de circuito impresso – através do robô Accurate CNC possuem composição predominantemente de fibra de vidro e cobre. A confecção dessas placas gera um resíduo em pó. O PCB é particularmente problemático para reciclar por causa de sua mistura heterogênea de materiais orgânicos, metais e fibras de vidro (SOHAILI, 2012). Além disso, a eliminação deste tipo de resíduo pode poluir as águas subterrâneas e a incineração inadequada deste material pode gerar compostos tóxicos, como dioxinas (PREMUR et al., 2016). Os resíduos podem ser usados para produzir novos produtos ou podem ser usados como misturas para que os recursos naturais sejam limitados e utilizados de forma mais eficiente (GARG; JAIN, 2014).

Comparado com os principais compostos do concreto, o pó de uma PCB é mais leve que o cimento e a areia, sua microestrutura permite mistura mais uniforme e as fibras de vidro aumentam a força mecânica (MOU et al., 2007).

A fibra de vidro é um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro que não são rígidos e são altamente flexíveis, tem uma alta resistência à tração, flexão e impacto, sendo muito empregado em aplicações estruturais. É leve e não conduz corrente elétrica, sendo utilizado também como isolante estrutural. Permite ampla flexibilidade de projeto, possibilitando a moldagem de peças complexas, grandes ou pequenas, sem emendas e com grande valor funcional e estético (PERUZZI, 2000). Nos materiais usados na construção civil a flexibilidade e as forças de compressão são as duas propriedades mais importantes.

A adição de outros compósitos à mistura de argamassa padrão pode melhorar os resultados para adversidades provocadas por flexão ou compressão (CYR et al., 2006). O material compósito incorporado à argamassa possui grânulos de fibras de vidro e cobre que tem como finalidade proporcionar uma maneira eficiente de aumentar a tensão de ruptura e conferir outras propriedades mecânicas não encontradas na mistura de argamassas padrão, relacionadas à capacidade de deformação e absorção de energia. Deste modo, o experimento a ser desenvolvido tende-se a um reaproveitamento de um material prejudicial e contaminante ao meio ambiente que não possui um descarte adequado, para melhoria de outro material muito utilizado na área da construção civil: a argamassa. O trabalho se justifica pela alternativa ao resíduo produzido pela Accurate CNC, impactando positivamente o meio ambiente e desenvolvendo um traço com uma maior resistência do material e que pode vir a se tornar mais lucrativo. Portanto, o estudo a seguir assume a responsabilidade de encontrar uma solução viável, eficaz e sustentável.

## **2. OBJETIVOS GERAIS**

O presente trabalho visa avaliar, através de ensaios laboratoriais, as mudanças nas propriedades físicas, mecânicas e morfológicas ao incorporar diferentes teores de resíduos de PCB aos corpos de prova de argamassa. Assim, será possível propor um destino correto ao resíduo que representa risco ambiental.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Analisar a influência da adição de resíduo de placas de circuitos impresso (PCB), nos corpos de prova compostos de argamassa.
- Testar os corpos de prova em ensaios laboratoriais, experimentos de resistência à flexão e compressão.
- Comparar os três tipos de misturas, amostras, definem cada amostra: 2,5% de resíduo (PCB), 5% de resíduo (PCB) e amostra padrão com 0% de (PCB). Os testes de resistência à flexão e compressão determinarão o resultado comparativo das amostras citadas.
- Separar de forma granulométrica o resíduo gerado pela máquina, robô (Accurate CNC).
- Avaliar a destinação e utilização do resíduo de placas de circuito impresso (PCB) como composto estrutural, em oposição ao descarte deste resíduo em lixo comum.
- Discutir e estudar a viabilidade da utilização do resíduo (PCB) em composições, misturas utilizadas na construção civil, discussão alicerçada inicialmente, oriunda dos resultados dos ensaios realizados em corpos de prova.

### 3. METODOLOGIA

O laboratório de eletrônica do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) conta com robô (Accurate CNC) para confeccionar placas de circuito impresso (PCB). A confecção de PCBs geram um resíduo composto por mais de um tipo de componente. O material que compõe a base, chamada laminado, de uma placa de circuito impresso, pode ter diferentes composições, o utilizado pela máquina Accurate CNC é a fibra de vidro (mistura de resina fenólica com a fibra de vidro), e laminado é recoberto por uma fina camada de cobre como pode ser observado na figura 1. Atualmente, esse resíduo é descartado no lixo comum.

**Figura 1.** Resíduo produzido pelo robô Accurate CNC



*Fonte: Autores, 2018.*

Diante desses problemas, foi definida uma metodologia do trabalho. Os ensaios deste trabalho foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Materiais de Construção, UNIPAM/MG, Campus Patos de Minas, durante o segundo semestre de 2018.

O resíduo utilizado proveniente do laboratório de eletrônica, foi caracterizado através dos ensaios de granulometria segundo a norma ABNT NBR 7217:1987 pelo agitador eletro-magnético de peneiras da Bertel observado na figura 2, com peneiras com malhas de aberturas de 0.50 mm a 0.045 mm, sendo que o tempo de agitação foi de 20 minutos.

Figura 2. Agitador eletro-magnético de peneiras da Bertel



Fonte: Autores, 2018.

Para a composição da argamassa utilizou-se o cimento CP V ARI da marca CAUÊ. A água potável utilizada para confecção dos compósitos foi obtida da rede pública de distribuição da cidade de Patos de Minas, Minas Gerais. Também foram empregados quatro tipos de areia IPT: n100, n50, n16 e n30. Para a mistura da argamassa foi utilizada uma argamassadeira eletro-mecânica, marca Contenco, modelo I 3010, observado na figura 3. A quantidade de materiais seguiu a norma ABNT NBR 7215:1996.

Figura 3. Argamassadeira eletro-mecânica, marca Contenco, modelo I 3010



Fonte: Autores, 2018.

Após a separação dos componentes, foram misturados o cimento e a água por um minuto na cuba do misturador. Depois acrescentou-se a parte de cada areia. Misturou-se mais quatro minutos. Após a segunda mistura, foi feita uma raspagem nas laterais da cuba e foi feita mais uma mistura de um minuto. A moldagem foi feita em moldes prismáticos 4 cm diâmetro x 4 cm de altura x 16 cm de comprimento, untadas com óleo mineral. Foram feitos seis corpos de prova para cada tipo de mistura. Foram feitas três misturas: a primeira foi a mistura padrão, na segunda foi adicionado 2,5% de resíduo e na terceira 5%, como pode ser observado nas figuras 4, 5 e 6. Os resíduos foram acrescentados antes da terceira mistura (adaptado ABNT NBR 7215:1996). Os corpos de prova foram confeccionados segundo a norma ABNT NBR 13279:1995.

**Figura 4.** Corpos de prova mistura padrão



*Fonte: Autores, 2018.*

**Figura 5.** Corpos de prova mistura com adição de 2,5% de resíduo



*Fonte: Autores, 2018.*

**Figura 6.** Corpos de prova mistura com adição de 5,0% de resíduo



*Fonte: Autores, 2018.*

Depois da moldagem, os corpos de prova foram cobertos com pano úmido. Com 24h de cura ao ar livre foram realizadas a desforma e a colocação dos corpos de prova em tanques de água até o momento do ensaio de resistência à compressão no estado endurecido, realizado na prensa universal, marca Emic, observado na figura 7, a ruptura dos corpos de prova, seguiu a norma ABNT NBR 7222: 1994. Os ensaios foram feitos com duas idades: sete dias e vinte e oito dias. Sendo usados três corpos de prova no ensaio de flexão de cada idade. Após a ruptura do ensaio de flexão, as duas partes de cada um dos três corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão.

Para determinar a resistência à tração na flexão se aplicou uma carga de 50 N/s nos corpos de prova. No ensaio para obter a resistência à compressão foi aplicado 500 N/s.

Figura 7. Prensa universal Emic realizando ensaio de flexão



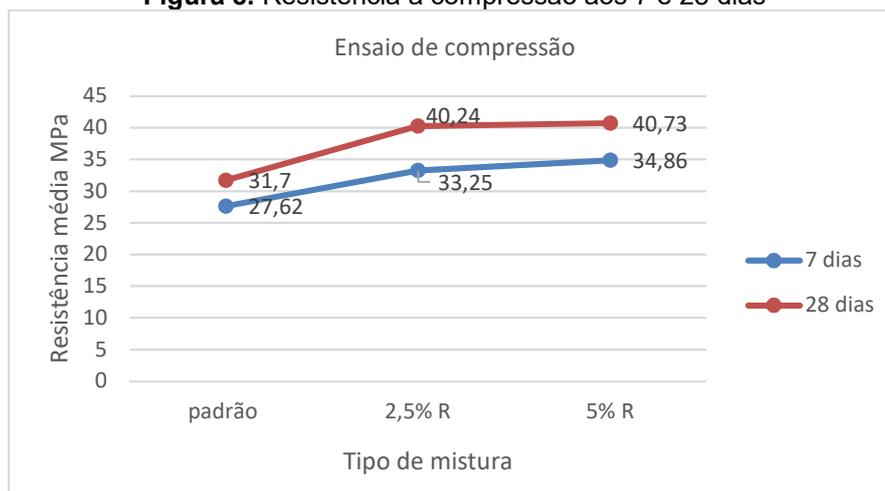
Fonte: Autores, 2018.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos resultados de caracterização do agregado miúdo utilizado, a análise granulométrica determinou o valor de 0,3 mm para o diâmetro máximo e 0,075 para o módulo de finura, classificado pela ABNT NBR 7211:2005 como agregado miúdo.

A figura 8 mostra os valores médios de resistência à compressão em dependência do percentual de resíduo adicionado para o tempo de cura de 7 e 28 dias. De acordo com os valores obtidos, todas as argamassas são classificadas na classe P6 pela ABNT NBR 13281:2005, pois as resistências foram maiores que 8 MPa.

Figura 8. Resistência à compressão aos 7 e 28 dias



Fonte: Autores, 2018.

Através dos dados da figura 8, é possível observar que a adição do resíduo proporcionou aumento na resistência à compressão. O aumento máximo ocorreu na mistura com adição de 2,5% de resíduo entre as duas idades ensaiadas, com incremento de mais de 21% para o parâmetro. No geral, as resistências à compressão de ambas as adições chegaram aproximadamente a 34,06 MPa contra 27,62 MPa da padrão, um aumento de 23% para cura de 7 dias e para cura de 28

dias, média de 40,48 MPa para mistura com adição e 31,7 MPa para padrão, um aumento de 27%.

Os resultados ensaio de compressão realizado por Silva et al., (2017) no estudo da Argamassa com Adição de Pó de Brita Granítica evidenciaram que o aumento de resistência foi maior nas primeiras idades de cura – 7 dias e 14 dias – do que nas idades mais avançadas – 21 dias e 28 dias –, sendo que na última etapa do ensaio, a resistência dos corpos de prova, com e sem adição, chegaram a valores muito parecidos, próximos de 20 MPa. Para os autores de Silva et al., (2017) a adição de brita granítica acelerou os processos de cura e, conseqüentemente, ganhos de resistência nas primeiras idades, não afetando de forma contundente a resistência à compressão em idades mais avançadas.

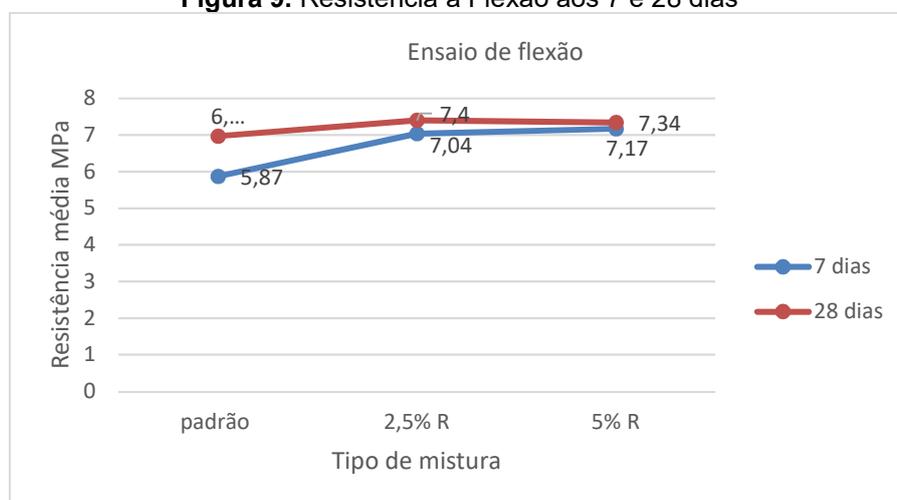
No estudo feito por Hermanne; Rocha (2013) a adição foi composta por polímerose os testes evidenciaram maiores resultados de resistência a compressão inicialmente período de 7 dias, sendo que com 28 dias as resistências mecânicas à compressão se igualam. A argamassa preparada com finos de pedra por D` Agostino; Soares (2003), mostrou o maior valor de resistência à compressão após 90 dias, representando mais que o dobro do resultado obtido com a argamassa preparada com areia aluvionar, proveniente de leitos de rios e obteve diferença de 3,72 MPa em relação a argamassa feita com areia padrão. Alvino et al., (2013) tiveram como conclusão que em seu experimento os resíduos de britagem de rochas graníticas podem ser satisfatoriamente utilizados em substituição a areia natural como agregado miúdo por aumentar sua resistência à compressão e melhorar sua consistência.

Com base nesse estudo os resultados obtidos na adição do agregado miúdo de resíduo do PCB se tornam satisfatórios oferecendo uma melhor consistência na argamassa.

BONIFÁCIO E GODINHO (2014) apresentaram no estudo efeito das fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto, verificou-se que os concretos reforçados com fibras, tanto para o traço com fibras de vidro quanto para o traço com fibras de polipropileno, apresentaram uma redução na sua resistência à compressão axial. Este trabalho teve como base o resíduo composto de fibra de vidro e fibra de cobre adicionada em argamassa obtendo-se um resultado acima do mínimo que determina a norma ABNT NBR 13281:2005. Todos os resultados de estudos e ensaios para concreto e argamassa possuem como as principais razões, o aumento de sua resistência, compressão e flexão do material, aumentando também a capacidade do mesmo em absorver energia pós-pico antes de entrar em ruptura.

A figura 9 ilustra os resultados obtidos através do ensaio de flexão, ao contrário do evidenciado nos ensaios de compressão, a adição do resíduo não aumentou consideravelmente a resistência à flexão. De acordo com os valores obtidos, todas as argamassas são classificadas na classe R6 pela ABNT NBR 13281:2005, pois as resistências foram maiores que 3,5 MPa.

**Figura 9.** Resistência a Flexão aos 7 e 28 dias



Fonte: Autores, 2018.

A mistura padrão apresentou maior resistência com maior tempo de cura, porém as misturas com adição de resíduo não apresentaram mais que aproximadamente 5,1% de aumento no valor da resistência. O corpo de prova com adição de 2,5% já apresentou aumento na resistência a flexão de quase 20% em relação à média dos resultados da mistura padrão com cura de 7 dias. Ressalta-se que mesmo com maior tempo de cura, a mistura padrão apresentou menor resistência em relação às médias dos corpos de prova com adição de cura de 7 dias.

Os valores de resistência à flexão apresentados pelo trabalho de SILVA et al., (2017) aumentam com a diminuição da substituição de resíduos reciclados de embalagens de vidro e cerâmica e com a diminuição do tamanho da partícula.

Segundo ensaios feitos por ARAÚJO (2005), a adição de fibras de polipropileno na argamassa de uma junta aumenta a sua capacidade de deformação, melhorou na distribuição da carga sendo aplicada, o que retardou a ruptura ou fissuramento. Para JONHSTON (1994) as fibras podem melhorar os resultados de uma matriz cimentada sob tensões de tração ou melhorar a ductilidade e a tenacidade de uma matriz frágil.

## 5. CONCLUSÃO

Através dos dados foi possível observar que a adição do resíduo proporcionou o aumento na resistência à compressão, podendo obter um aumento de 21% com o resíduo de 2,5% nas duas idades 7 dias e 28 dias. Do ponto de vista, o uso do agregado de 2,5% na composição da argamassa, apresentou um resultado mais auto nos ensaios de compressão, em relação à argamassa padrão. Considerando os ensaios de resistência a compressão, os corpos de provas das dosagens de 2,5% e 5% de resíduo de placa de fibra de vidro se apresentaram maiores que 34,06 MPa, estando em conformidade com a NBR13281 podendo ser classificada como P6.

Os resultados obtidos através do ensaio de flexão, ao contrário do evidenciado nos ensaios de compressão, a adição do resíduo não aumentou consideravelmente a resistência à flexão. O corpo de prova com adição de 2,5% já apresentou aumento na resistência a flexão de quase 20% em relação à média dos resultados da mistura padrão com cura de 7 dias. Ressalta-se que mesmo com maior tempo de cura, a mistura padrão teve menor resistência em relação às médias dos corpos de prova com adição de cura de 7 dias.

Por fim, analisando todo o conjunto aqui exposto, entendeu-se que os resultados do ensaio de resistência à compressão simples sofrem influência de várias características dos agregados, como forma, granulometria, quantidade de material fino dentre outros. Identificar o quanto cada um destes fatores influencia é muito importante e sem dúvida, revela ser um tema que merece ser mais pesquisado e amplamente discutido.

## REFERÊNCIAS

ADAMUS, Łukasz. Environmentally Friendly Construction Products Selection Based on Building Model Data. *Procedia Engineering*, v. 85, p.18-25, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.524>.

ALVINO, F.C.G.; LOPES NETO, J.P.; OLIVEIRA, F.S. Avaliação de argamassas com incorporação de resíduos de britagem para construções rurais. *Rev. Ciênc. Agrovet.*, v.13, n.1, p.23-29, 2014.

ARAÚJO, Cícero; FALCÃO, Sebastião; BARBOZA, Aline. Influencia Da Adição De Fibras De Polipropileno No Comportamento Das Juntas De Argamassa. In: 1º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO. São Carlos, 3 e 4 set. 2005.

ASHWORTH, Allan. Estimating the life expectancies of building components in lifecycle costing calculations. *Structural Survey*, v. 14, p. 4-8, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7222 – Argamassas e concretos- determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de provas cilíndricos. ABNT. Rio de Janeiro. 1983

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7217–Determinação da Composição Granulométrica. ABNT. Rio de Janeiro. 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7215– Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. ABNT. Rio de Janeiro. 1996

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13279– Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão. ABNT. Rio de Janeiro. 1995

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7211 -Agregados para concreto – Especificação. ABNT. Rio de Janeiro. 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 13281–Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro. 2005.

BRITO, J.N.S., FORMOSO, C.T.; ECHEVESTE, M. E. S. Análise de dados de reclamações em empreendimentos habitacionais de interesse social: Estudo no Programa de Arrendamento Residencial. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.11, n. 4, 2011. Acesso em: 20 nov. 2017.

BONIFÁCIO, J. S. R.; GODINHO, D. S. S. Estudo do efeito das fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, 2014.

CYR, M.; LAWRENCE, P.; RINGOT E. Efficiency of mineral admixtures in mortars: Quantification of the physical and chemical effects of fine admixtures in relation with compressive strength. Cement and Concrete Research. 36:264-277, 2006.

D'AGOSTINO, L.Z.; SOARES, L. O uso de finos de pedreira de rocha granítica-gnáissica em substituição as areias naturais na elaboração de argamassa. Geociências, v. 22, n.1, p.65-73, 2003.

GARG, Chirag; JAIN, Aakash. Green Concrete: Efficient & Eco-Friendly Construction Materials. IMPACT: International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET) ISSN(E): 2321-8843; ISSN(P): 2347-4599 Vol. 2, Issue 2, Feb 2014, 259-264.

HERMAN, A.; ROCHA, J.P.A. Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco, Pato Branco, 2013.

HERMANN, A.; ROCHA, J. P. A. Pesquisa da viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco. 2013. 101 p. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

JANTSCH, Ana Cláudia Akele. Análise do Desempenho de Argamassas Estabilizadas Submetidas a Tratamento Superficial com Aditivos Cristalizantes. 2015. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil), Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/117900/JANTSCH%2C%20ANA%20CLAUDIA%20AKELE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 nov. 2017.

JOHNSTON, C. D. (1994) – Fibre-reinforced Cement and Concrete – Advances in Concrete Technology, 2ed. p.603-673

MOU, Peng; XIANG, Dong; DUAN, Guanghong. Products made from nonmetallic materials reclaimed from waste printed circuit boards. *Tsinghua Science And Technology*, [s.l.], v. 12, n. 3, p.276-283, jun. 2007. Tsinghua University Press. [http://dx.doi.org/10.1016/s1007-0214\(07\)70041-x](http://dx.doi.org/10.1016/s1007-0214(07)70041-x).

MOHAMMED, Abbagana; HUGHES, Tim G.; ABUBAKAR, Aliyu. Importance of Sand Grading on the Compressive Strength and Stiffness of Lime Mortar in Small Scale Model Studies. *Open Journal Of Civil Engineering*, [s.l.], v. 05, n. 04, p.372-378, 2015. Scientific Research Publishing, Inc., <http://dx.doi.org/10.4236/ojce.2015.54037>.

PERUZZI, A.P - Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento Portland modificada com látex e adição de sílica ativa. Tese de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 2000.

PREMUR, Vitomir et al. The Possibility for Environmental Friendly Recycling of Printed Circuit Boards. *Journal Of Sustainable Development Of Energy, Water And Environment Systems*, v. 4, n. 1, p.14-22, mar. 2016. International Centre for Sustainable Development of Water. <http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.2016.04.0002>.

RICHTER, Cristiano. Qualidade de Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda: Uma Análise da Confiabilidade e da Conformidade. RICHTER, Cristiano. 2007. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil), Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12146/000622700.pdf?..> Acesso em: 26 out. 2018.

SILVA, Jessica Pereira da et al. Análise Comparativa entre a Resistência à Tração na Flexão e Compressão da Argamassa Convencional e Argamassa com Adição de Pó de Brita Granítica. *Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 21, n. 3, p.161-166, 2017. Editora e Distribuidora Educacional. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2017v21n3p161-166>.

SOHAILI, J.; MUNIYANDI, S.K.; MOHAMAD, S.S.A review on printed circuit boards waste recycling technologies and reuse of recovered nonmetallic materials. *Int. J. Sci. Eng. Res.* 2012, 3, 138–144.

YANG, M., JENNINGS, H. M. “Influences of mixing methods on the microstructure and rheological behavior of cement paste”, *Advanced Cement Based Materials*, v.2, pp.70-78, 1995.