



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

Affonso Lucas

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ
SEM CONTROLE DE QUEIMA, PROVENIENTES DO RESÍDUO INDUSTRIAL
COM ADIÇÃO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE**

Palmas -TO

2019

Affonso Lucas

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ
SEM CONTROLE DE QUEIMA, PROVENIENTES DO RESIDUO INDUSTRIAL
COM ADIÇÃO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE

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

Orientador: Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Junior.

Palmas-TO

2019

Afonso Lucas

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ
SEM CONTROLE DE QUEIMA, PROVENIENTES DO RESÍDUO INDUSTRIAL
COM ADIÇÃO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE

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

Orientador: Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte
Junior.

Aprovado em: 28 / 05 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Junior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Nome da Instituição

Palmas-TO

2019

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por estar ao meu lado durante todo este período de desenvolvimento do trabalho.

Agradeço aos meus pais Carlos Reinaldo Lucas e Marcia Teixeira Lucas que durante todo este período decisivo esteve presente demonstrando otimismo.

Agradeço também a minha namorada Thálita Hístela Martins da Silva, que esteve comigo e nunca duvidou da minha capacidade.

Enfim, quero agradecer ao meu orientador, Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Junior que ao longo deste período compartilhou suas experiências nessa caminhada de aprendizado, na construção deste trabalho.

RESUMO

LUCAS AFFONSO, Affonso Lucas. **ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ SEM CONTROLE DE QUEIMA, PROVENIENTES DO RESIDUO INDUSTRIAL COM ADIÇÃO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE**. 2019. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Argamassa autonivelante é um composto cuja finalidade é auto adensar pelo seu peso próprio, de eliminar vazios obtendo alta resistência e grande produtividade de execução. Este trabalho consiste na utilização de um resíduo industrial (cinza da casca de arroz) gerado por uma indústria cerâmica na aplicação do composto da argamassa autonivelante, a fim de analisar as características resultante desse processo. Este resíduo é um subproduto gerado através do beneficiamento da casca do arroz, fortemente utilizado como fonte alimentadora dos fornos cerâmicos. A pesquisa teve como objetivo utilizar novas tecnologias para amenizar a utilização de materiais não renováveis. Além disso a pesquisa resulta na obtenção de um destino final para um resíduo que até o momento não tem destinação apropriada. O resíduo foi utilizado como substituição de 5% a 10% do cimento e agregado miúdo. Foi verificado que a substituição do agregado miúdo obteve resultados melhores quando comparados aos resultados de substituição do cimento, concluindo-se que a utilização desse subproduto como agregado miúdo apresentou melhor resultado entre os demais.

Palavras chaves: Argamassa autonivelante, cinza da casca de arroz.

ABSTRACT

LUCAS AFFONSO, Affonso Lucas. **THE STUDY OF THE USE OF RICE HULLS' ASHES WITH NO BURN CONTROL FROM INDUSTRIAL WASTE WITH SELF-LEVELING CEMENT ADDITION.** 2019. 72f. Completion of course paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Self-leveling cement is a compound that has its final objective to self-thicken by its own weight and to eliminate empty spaces while reaching high resistance levels and great execution productivity. The objective of this paper is the use of an industrial waste (rice hulls' ashes), generated by the pottery industry, in the making of the self-leveling cement compound in order to analyze any resultant characteristic. This industrial waste is a by-product of the processing of the rice hull, widely used as burning source for the ceramic furnaces. The research's goal was the use of new technologies to reduce the non-renewable materials in the process. Therefore, this research also results in an economic and green method of disposal for part of the pottery's industrial waste. The material was used as 5% and 10% substitute to cement and small aggregates, which the substitution of the small aggregate showed better results than the substitution of the cement. That concludes that the substitution of 5% of small aggregates for the new material presented the best results.

Key Words: Self-leveling cement, rice hulls' ash.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Processo de colheita do arroz safra 2015	19
Figura 2: Resíduo a céu aberto da casca de arroz localizada na cidade de Lagoa da Confusão- TO	20
Figura 3: Utilização da casca de arroz para queima de fornos da “Cerâmica Santorini”	20
Figura 4: Acúmulo da cinza da casca de arroz poluindo o meio ambiente	21
Figura 5: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	25
Figura 6: Tipos de revestimento argamassado	28
Figura 7: Camada de argamassa autonivelante sobre um contra piso	29
Figura 8: Mini- para ensaio de espalhamento.....	31
Figura 9: Cerâmica Santa Maria.....	34
Figura 10: Armazenamento da casca de arroz.....	37
Figura 11: Processo de queima da casca de arroz nos fornos.....	38
Figura 12: Acumulo de cinza da casca de arroz a céu aberto.....	38
Figura 13: Coleta da cinza da casca de arroz na cerâmica Santa Maria.....	39
Figura 14: Beneficiamento da CCA no moinho de bolas.....	40
Figura 15: CCA peneirada na peneira N° 200.....	40
Figura 16: Ensaio de massa específica da CCA	40
Figura 17: Ensaio de reatividade pozolânica.....	41
Figura 18: Argamassadeira.....	42
Figura 19: Ensaio de resistência a compressão na prensa EMIC PC 201	44
Figura 20: Ensaio de tração na flexão máquina EMIC DL 1000	44
Figura 21: Determinação da absorção de água.....	45
Figura 22: Granulométrica da areia natural.....	46
Figura 23: CCA Cerâmica Santa Maria.....	48
Figura 24: Tentativa 01	50
Figura 25: Tentativa 02	50
Figura 26: Tentativa 03	51
Figura 27: Tentativa 04	51
Figura 28: Traço base	53
Figura 29: Espalhamento do traço de substituição de 5% do cimento por CCA.....	54
Figura 30: Espalhamento do traço de substituição 10% de cimento por CCA.....	54
Figura 31: Espalhamento do traço de 5% de substituição da areia por CCA.....	55
Figura 32: Espalhamento do traço de 10% de substituição da areia por CCA.....	56

Figura 33: Protótipos dos traços de substituição de cimento e agregado miúdo por CCA	62
Figura 34: Protótipo do traço base.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pisos autonivelantes indústrias ou comércios.....	33
Tabela 2: Caracterização do aglomerante.....	46
Tabela 3: caracterização do agregado miúdo	47
Tabela 4: Dados de condutividade elétrica.....	48
Tabela 5: Tentativas traço base (g).....	49
Tabela 6: Resultado espalhamento pelo método mini cone de mesa	52
Tabela 7: Traço com substituição parcial do cimento por CCA.....	52
Tabela 8: Traço com substituição parcial de areia	53
Tabela 9: Ensaio de espalhamento dos traços	56
Tabela 10: Dados de resistência a compressão 3 dias	59
Tabela 11: Dados resistência a compressão 7 dias	59
Tabela 12: dados de resistência a compressão 28 dias	59
Tabela 13: Dados de resistência a flexão 3 dias	61
Tabela 14: Dados de resistência a flexão 7 dias	61
Tabela 15: Dados de resistência a flexão 28 dias	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados do ensaio de resistência a compressão.....	57
Gráfico 2: Resultados do ensaio de flexão	60
Gráfico 3: Ensaio de absorção de água.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivo Especifico	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 RESIDUO SÓLIDO	17
2.2 CASCA DO ARROZ	18
2.2.1 Cinza da casca de arroz	21
2.2.2 Propriedades da cinza da casca de arroz na aplicação em argamassa e concretos	22
2.3 CIMENTO PORTLAND.....	23
2.4 AGREGADOS MIÚDO	24
2.5 ADITIVOS.....	25
2.5.1 Adtivos Superplastificantes	26
2.6 ADIÇÕES MINERAIS	26
2.7 ARGAMASSA E SUA APLICABILIDADE	27
2.7.1 Contrapiso	28
2.8 ARGAMASSA AUTONIVELANTE	28
2.8.1 Propriedades da argamassa autonivelante	30
2.8.2 Propriedades no estado fresco	30
2.8.3 Propriedades no estado endurecido	33
3 METODÓLOGIA	34
3.1 DESENHODO ESTUDO	34
3.2 OBJETO DE ESTUDO	34
3.3 FLUXOGRAMA DA PESQUISA	35
3.4 AGLOMERANTE.....	36
3.5 AGREGADO MIÚDO	36
3.6 ADITIVO QUÍMICOS.....	37
3.7 CINZA DA CASCA DE ARROZ.....	37
3.7.1 Processo de produção da cinza da casca de arroz na cerâmica Santa Mária	37
3.7.2 Coleta da cinza da casca de arroz	39
3.7.3 Beneficiamento da cinza da casca de arroz	39

3.8 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO BASE.....	42
3.9 DETERMINAÇÃO DOS TRAÇOS 5% E 10%	43
3.10 ESTADO FRESCO	43
3.11 ESTADO ENDURECIDO	44
3.12 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	45
3.13 ABSORÇÃO DE ÁGUA	45
4 RESULTADOS	46
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	46
4.1.1 Aglomerante.....	46
4.1.2 Agregado miúdo.....	46
4.1.3 Cinza da casca de arroz.....	47
4.2 CONFECÇÃO DO TRAÇO BASE	49
4.3 CONFECÇÃO DO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO 5 E 10% POR CINZA DA CASCA DE ARROZ.....	52
4.4 CONFECÇÃO DO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO DE 5% E 10% POR CINZA DA CASCA DE ARROZ.....	52
4.5 ENSAIO DE ESPALHAMENTO	53
4.6 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	57
4.7 RESISTÊNCIA À FLEXÃO	60
4.8 PROTÓTIPO.....	62
4.9 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	63
5 CONCLUSÃO.....	64
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERENCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais não renováveis na construção civil tem sido uma das grandes questões apresentadas como problemas pertinentes em nossa sociedade, visto que, reduzir a utilização destes materiais extraídos de nossas reservas é um fato importante. Portanto, o campo em questão vem sendo estudado e avaliado cada vez mais com diversos materiais providos de indústrias, para adicionar ou substituir materiais extraídos de nossas reservas, procurando então, obter características significativas para a sua utilização.

A pesquisa em questão trata-se do estudo da utilização de um resíduo industrial gerado pela indústria Cerâmica Santa Maria, localizada na cidade de Paraíso do Tocantins –TO na adição da argamassa autonivelante. O resíduo em questão é a cinza da casca de arroz, que por sua vez foi gerado pela cerâmica através da utilização da casca de arroz, como fonte alimentadora dos altos fornos na fabricação de seus insumos. A indústria, passa por dificuldades em obter um destino final adequado para o devido resíduo, pois o mesmo é acumulado em seu pátio formando um vasto volume.

Trindade (2011), diz que a cinza da casca do arroz (CCA) por ser um resíduo agro-industrial, pode ser empregado na adição mineral na produção de concretos e argamassas, pois o resíduo possui propriedades que contribuem para o aumento da resistência mecânica, além de aumentar a durabilidade.

Chandrasekhar (2005), afirma que, CCA produzida por combustão não controlada é denominada de cinza residual, resultante de processo de queima da casca do arroz em forno de engenhos de beneficiadoras, olarias e termoelétricas. Esta metodologia de queima pode resultar em cinza na forma cristalina ou amorfas, podendo apresentar um alto teor de sílica, cujo o devido composto na aplicação em concreto e argamassa obtém fatores aglutinantes resultando em um aumento da resistência do composto.

Argamassa autonivelante, é um composto utilizado para confecção de regularização de piso industriais ou pisos com grandes áreas de aplicação, pois, apresenta uma alta fluidez, elimina os vazios através de seu peso próprio, caracteriza-se por obter uma alta produtividade, maior homogeneidade, além de ser executada com espessura entre 5 a 10 mm (MARTINS, 2009).

Freitas (2009), afirma que, a argamassa autonivelante por obter uma alta fluidez, apresenta-se elevada tendência a segregação e exsudação, sendo necessário a utilização aditivos além de maior quantidade de matérias finas em composto.

O estudo em questão visa utilizar a cinza da casca de arroz já beneficiada resultante da cerâmica para aplicação na substituição de 5% e 10% do cimento e agregado miúdo da argamassa autonivelante, a fim de estudar suas propriedades no estado fresco e endurecido.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver os compostos de argamassa autonivelante com substituições de cimento e agregado miúdo nos teores de 5% e 10% por cinza da casca de arroz sem controle de queima.

1.1.2 Objetivo Especifico

- Estudar as propriedades físicas dos insumos (cimento, agregado miúdo e cinza da casca de arroz) necessários para formulação da argamassa autonivelante
- Realizar o ensaio de reatividade pozolânica da cinza da casca de arroz sem controle de queima.
- Estudar as propriedades das argamassas confeccionadas em seus estado fresco e endurecido.
- Desenvolver um exemplar de cada composto confeccionado com cinza da casca de arroz sobre uma substrato, a fim de avaliar visualmente sua estrutura em estado endurecido.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil atualmente é um dos principais produtores de arroz no planeta, estima-se que em 2018 a produção de arroz sofreu uma redução 3,6% comparada ao ano anterior, cerca de 11,70 milhões de toneladas de arroz, apresentando-se um rendimento médio de 5.990kg/ha. (ECONÔMICAS, 2018). Todavia, para o arroz chegar até a mesa do consumir o arroz passa por processos beneficiamentos, no qual, é extraído um subproduto denominado como casca de arroz, este subproduto vem sendo fortemente utilizados por indústrias regionais como, fontes energéticas para o aquecimento dos altos fornos, gerando-se então o resíduo cinza da casca de arroz.

Segundo Trindade (2012), vários são os estudos sobre cinza da casca de arroz, onde a grande maioria estuda a cinza da casca de arroz gerada através de uma queima controlada, no entanto, poucos são os estudos de cinza da casca de arroz onde utilizaram a mesma como resíduo industrial sem controle de queima. Contudo, Pouey (2006) diz que, a cinza da casca de arroz apresenta-se de acordo com as condições de queima um teor de sílica entre (80 a 90%) em sua composição mineral, sendo extremamente importante no processo de fabricação do cimento Portland, além disto, a sílica da casca de arroz caracteriza-se por ser ativa, ou seja, está em contato com a cal forma-se silicato de cálcio que por hidratação resulta em um aglomerante.

Para solucionar o problema da Cerâmica Santa Maria em obter um fim adequado para cinza da casca de arroz acumulado em seu pátio, aderir então ao estudo em utilizar a mesma na adição da argamassa autonivelante, com intuito de desenvolver um composto cuja sua utilização seja útil, e que, atenda as principais características da argamassa autonivelante.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESIDUO SÓLIDO

Segundo ABNT NBR 10004:2004 de resíduos sólidos, diz que, resíduos podem ser classificados como sólidos ou semissólidos no qual o mesmo resulta de origem como indústrias, hospitais, comércios, agriculturas e outros. Resíduos podem ser classificados de acordo com os materiais que estão constituídos e pelo local de origem, podendo resultar em resíduos de classe I e resíduos de classe II.

Os resíduos de classe I são aqueles que apresentam propriedades físicas, químicas ou infectas contagiosas, podendo apresentar problemas para saúde pública e riscos ambientais, apresentando com alta periculosidade aderindo a cuidados mais específicos. conduto qualquer atividade industrial que apresenta resíduos tóxicos ou perigosos produtos químicos, cabe a empresa responsabilizar-se pela coleta de seus resíduos acolhendo para evitar problemas ambientais.

Os resíduos de classe II não apresentam perigos, pois são inertes resultantes de restos de alimentos, madeiras, materiais têxteis, resíduos de minerais não metálicos, areia de fundição, bagaço de cana, sucatas de metais ferrosos e vários outros materiais cujo o seu composto não apresenta materiais quimicamente poluentes.

Para melhor detalhar a classificação quanto à origem dos resíduos sólidos a lei 12305/2010 de resíduos sólidos, afirma no artigo 13 que:

- a) Resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) Resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

- h) Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civis incluídas os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) Resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) Resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

Resíduos gerado por atividades agrícolas e industriais são de responsabilidades dos geradores na obtenção da destinação final, pois a grande maioria dos resíduos gerados pelas mesmas, apresentam materiais que prejudicam lençol freático e ao próprio solo. Os resíduos industriais são responsáveis por agressões fatais no meio ambiente. (KRAEMER, 2005).

Bardano e Gomes (2015) *apud* CONAMA, afirma na resolução n° 6 que, é de responsabilidade das empresas que gerarem resíduos sólidos obter destinação final para o mesmo.

Segundo Freire, Pelegrini e Kubota (2000), industriais são importantes para o desenvolvimento do país, porém suas atividades são responsáveis diretamente pela contaminação ambiental, principalmente em acúmulo de matérias primas e disposição inadequada. As atividades industriais têm produzidos ao longo das décadas rejeitos gasosos, líquidos e sólidos e depositados no meio ambiente.

Cassa (2001), afirma que, resíduos gerados por diferentes origens de produção podem resultar em limites técnicos na sua utilização. Contudo, a política de proteção ambiental atual é voltada diretamente para o acolhimento adequado para estes resíduos.

Pelizer, Pontieri e Moraes (2007), além de problemas ambientais os resíduos representam perda de matéria-prima e energia no processo. Contudo, ainda a falta de investimentos no seu tratamento.

Segundo Laufenberg 2003 *apud* Pelizer, Pontieri e Moraes (2007), resíduos industriais podem conter substâncias de alto valor. Contudo se for empregada com tecnologias adequadas, estes materiais podem ser substituídos por materiais convencionais.

2.2 CASCA DO ARROZ

O arroz é um dos principais alimentos do mundo, sendo umas das culturas alimentícias milenares que foi estabelecida por vários países. A credita-se que o sudeste da

Ásia é considerado por vários historiadores como o local de origem do arroz” (FERNANDES, 2014).

O arroz é o segundo maior cereal já consumido no mundo, perdendo apenas para o trigo, seu consumo chega certa de 2/3 da população mundial, a grande parte desta produção cerca de 90% ocorre em países desenvolvidos, (DINIZ, 2005).

Figura 1: Processo de colheita do arroz safra 2015



Fonte: NOTICIA (2015)

No entanto, este cultivo como sendo um dos principais alimentos do planeta deve-se aderir a processos industrializados, sucedendo-se a estes processos resíduos no qual é a casca do arroz, provida do processo de limpeza do arroz nas indústrias dos cereais. “Para ser comercializado, o arroz tem que ser beneficiado, gerando a casca um resíduo agroindustrial” (FERNANDES,2014).

Contudo, a casca retirada do arroz e diretamente ligada a problemas ambientais, segundo Fernandes (2014), a casca de arroz provida do beneficiamento apresenta-se uma baixa densidade em torno de 130 kg/m³, em que, ocasiona-se um vasto volume de casca de arroz, que por sua vez é acumulado nos pátios das empresas sem uma destinação final.

Figura 2: Resíduo a céu aberto da casca de arroz localizada na cidade de Lagoa da Confusão-TO



Fonte: AUTOR (2018)

Em virtude disto, a casca de arroz vem sendo utilizada como fonte energética na alimentação de fornos de indústrias, através de uma queima de forma direta, gaseificação e pirólise. (FOLETTTO, HOFFMANN e HOFFMANN, 2005).

No entanto, a casca como fonte de biomassa é benéfica para questões ambientais. De acordo com Foletto, Hoffmann e Hoffmann (2005) através da queima da biomassa está mesma libera CO₂ na atmosfera, sendo absorvidos pelas plantas durante o processo de fotossíntese.

Atualmente indústrias de cerâmicas estão aderindo à utilização da casca de arroz como fonte alimentadora dos altos fornos, na substituição da madeira de serrado. (SANTOS, 1997).

Segundo Fernandes (2014), práticas como essas foram adotadas na região central do Tocantins na empresa de cerâmica vermelha, onde por sua vez atribuíram em utilizar novos métodos de queima de seus produtos.

Figura 3: Utilização da casca de arroz para queima de fornos da “Cerâmica Santorini”



Fonte: SUSTAINABLE (2009)

Todavia, com a utilização cada vez mais desta fonte de biomassa, gera-se cinzas, quantidades de cinzas notáveis, que na maioria das vezes não tem destinação final apropriada sendo deixados a céu aberto, simplesmente descartado em aterros gerando poluições aos mananciais de água, ar e solo, (TRINDADE,2011).

2.2.1 Cinza da casca de arroz

A cinza nada mais é do que resultados providos da queima da palha de arroz, as características destes resultados são ligadas diretamente a três tipos de variáveis, sendo, qual o tipo de equipamento utilizar para queima, temperatura da queima e o tempo da exposição durante todo o processo, (POUEY, 2006).

Figura 4: Acúmulo da cinza da casca de arroz poluindo o meio ambiente



Fonte: AUTOR (2018)

Santos (1997), afirma que, a cinza da casca de arroz é material pozolânico que melhora as características dos concretos e argamassas, como pode ainda ser utilizado como energia na produção do clínquer do cimento Portland.

Rodrigues (2004), além dos aspectos técnicos positivos ao ser adicionados ao material cimentícios, aponta-se características positivas a termos ambientais por ser um material que pode ser empregado como substituição parcial do cimento Portland. Fernandes (2014), “É uma alternativa praticável do ponto de vista tecnológico, viável do ponto de vista econômico e ética do ponto de vista ecológico”.

2.2.2 Propriedades da cinza da casca de arroz na aplicação em argamassa e concretos

Cinza da casca de arroz é um material excelente como aglomerante complementar, quando a mesma é submetida a uma queima controlada obtém um material mais nobre e como uma pozolana altamente reativa, (MEHTA, 1992 *apud* MISSAU, 2004).

Cinza da casca de arroz tem um elevado teor de sílica (90 a 95%) em sua composição, podendo ser aplicada com grande ênfase na área da construção civil como, pozolana agregada em cimentos do concreto e argamassas ou na adição da fabricação de tijolos prensados e estabilização de solos. (POUEY, 2006).

A sílica pura pode se amorfa ou cristalina, a amorfa pode ser obtida a partir da casca do arroz através da queima com baixas temperaturas inferiores a 700°C, sendo um material de fácil moagem e altamente reagente. A cristalina é a forma mais frequente de se encontrar na natureza sendo formadas por quartzo, tridimita e cristobalita. (POUEY, 2006).

A sílica são combinações de silício e oxigênio na forma de SiO_2 , a mesma pode-se apresentar cerca de 15% do peso da cinza da casca de arroz. Contudo através de uma queima controlada da casca de arroz pode-se aumentar a intensidade de sílica chegando a 95% de sílica pura, com partículas entre 20µm com uma área superficial específica de 10m²/g, (FOLETTO; HOFFMANN; HOFFMANN, 2005).

Todavia, as cinzas da casca de arroz (CCA), apresenta-se de diferentes formas, através de uma queima controlada e através de uma queima residual. Com controle da queima, a cinza caracteriza-se um material amorfo, pois, sua temperatura e duração da queima bem como o tempo de moagem influenciam diretamente nos resultados. Boa parte dos estudos referentes a o uso da cinza da casca de arroz (CCA) utilizou-se cinzas com maiores reatividades, portanto, cinza que tiveram queimas controladas possibilitaram maior ganho de resistência e de durabilidade. Cinzas residuais apresentam-se poucos estudos, (TRINDADE, 2012).

As cinzas também resultam em variações nas suas características dependendo da energia aplicada na hora da sua queima, no entanto, cinzas queimadas parcialmente gera uma determinada quantidade de carbono apresenta uma cor preta. Quando ocorre uma queima total apresenta uma cor branca ou púrpura, (MISSAU, 2004).

Foletto, Hoffmann e Hoffmann, (2005), afirma que, sílica extraída da cinza da casca de arroz apresenta-se baixa resistência à compressão, no entanto, aumenta a sua durabilidade e reduz a porosidade no concreto. Sendo estás, extremamente importante

em locais onde apresentaram alta umidade, como em canais de irrigação e demais outros. Sua utilização também apresentou boas características em concreto resistentes a poluição, piso submetido a abrasão e outros. Vários pesquisadores afirmam que a cinza da casca de arroz pode ser introduzida com sucesso, sendo aplicadas com variações de porcentagens de cinza entre 23-26%, concluindo que a melhor adição foi a 24,50%.

Outros estudos também foram feitos onde o pesquisador adicionou a cinza da casca do arroz na substituição do cimento no concreto em 5%, 10% e 20%, utilizando um fator água cimento de 0,35, em que a cinza adicionada não teve controle de queima resultante da alimentação das fornalhas das empresas beneficiadoras de arroz. Segundo o mesmo o concreto apresentou-se ganho de resistência aos 7 dias com adições de 5% e 10%, com 20% apresentou-se perda de resistência. (SILVA, 2003 *apud* MISSAU, 2004).

2.3 CIMENTO PORTLAND

Mehta e Monteiro, (2008) *apud* Martins, (2009), diz que cimento Portland é um aglomerante hidráulico, composto de silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio, que em contato água obtém propriedades cimentante.

Fusco (2008), os componentes básicos do cimento é basicamente a cal “(CaO), a sílica (SiO₂), a alumina (Al₂O₃) e o óxido de ferro (Fe₂O₃)”, sendo este os componentes principais por aglutinação por sinterização.

Bauer (2000), diz que a mistura destes materiais como cal, sílica, alumina e óxido de ferro são finamente pulverizadas e homogeneizadas, na hora da obtenção do clínquer, ocorre-se as seguintes combinações químicas principais no estado sólido.

- Silicato tricálcio (3CaO. SiO₂ = C₃S);
- Silicato bicálcio (2 CaO. SiO₂ = C₂S);
- Aluminato tricálcio (3CaO. Al₂O₃ = C₃A);
- Ferro aluminato tetracálcio (4 CaO.Al₂O₃. Fe₂O₃ = C₄AFe).

As propriedades físicas do cimento Portland são relacionadas a três aspectos distintos como, propriedades do cimento em condições naturais, em pó da mistura de cimento e água e proporções convenientes de pasta e, finalmente na mistura da pasta e agregado, (BAUER, 2000).

Tutikian (2004) *apud* Rubim (2015), afirma que, o cimento deve ser escolhido de acordo com as características que se pretende alcançar, pois cada tipo de cimento disponibilizado no mercado apresenta-se variações em sua composição.

Martins (2009), diz que, para se confeccionar uma argamassa autonivelante não existe ao certo o cimento específico a se utilizar, mas que, a escolha deve-se optar por um cimento com maior finura e com maior quantidade do mesmo inserido no composto, pois irá influenciar diretamente nas propriedades mecânicas da argamassa autonivelante.

Silva (2016), diz que, não a literatura sobre o tipo de cimento adotado na confecção da argamassa autonivelante, porém ressalta a importância da utilização de cimentos com granulometria fina.

Bauer e Sousa (2005) *apud* Silva (2016), diz que, devem-se obter cuidados quanto à grande quantidade de cimento utilizados em argamassas, pois podem resultar em problemas de fissuração.

2.4 AGREGADOS MIÚDO

Bauer (2000), diz que, agregados são materiais particulados, incoesivos e com atividades químicas praticamente nulas, constituído de partículas com gamas de tamanhos.

Agregados miúdos são materiais que se define em dois tipos, os naturais, no qual estes são extraídos da natureza, como areia quartzosa retirada de leito de rios, agregado miúdos artificiais resultantes de resíduos provenientes de reciclagens, (ABNT NBR 9935, 2011).

Breitenbach (2013) afirma que, agregados artificiais necessitam de modificação na sua textura, pois suas características resultam da moagem de rochas como basaltos, calcários sílex, pórfiros, arenitos quartzitos e gnaisses.

O agregado miúdo tem três funções principais, ser um material de enchimento para minimizar o custo do composto, promover partículas adaptadas para resistir às cargas aplicadas como, desgastes mecânicos e percolação da intempérie, outra função é reduzir as variações de volume resultante ao processo de pega, (BAUER, 2000 *apud* BREITENBACH, 2013).

Segundo a ABNT NBR 7211(2009) a classificação do agregado miúdo obtém-se pela malha de 4,75mm e retido na peneira de 150 mm.

Figura 5: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

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

NOTAS

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

Fonte: ABNT, NBR 7211 (2009)

Silva (2016) *apud* Martins (2009), para argamassa autonivelante o agregado a ser utilizado deve-se apresentar granulometria continua, por esta propriedade ser responsável de coesão e viscosidade do material.

Katsiadramis, Sotiropilou e Pandermarakis (2010) *apud* Rubim (2015), diz que, o agregado miúdo com granulometria grossa atua como “obstáculo” para a fluidez da argamassa autonivelante, em quanto grãos menores atuam como “lubrificantes” e melhora a fluidez.

Benabed (2012) *apud* Rubim (2015), o autor obteve estudo utilizando três diferentes tipos de agregados da argamassa autonivelante (areia de britagem de calcário, areia de leito do rio e areia de duna) e obteve que agregado com maior módulo de finura exigem maior quantidade de água para atingir uma determinada fluidez.

2.5 ADITIVOS

Santos (2008) diz que, aditivos são produtos químicos que tem finalidade de melhorar determinadas características na argamassa como, plasticidades, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência e durabilidade.

Bauer (2000), adverte a utilização destes aditivos nas argamassas por profissionais não qualificados, pode o correr mau emprego do mesmo. Contudo, o autor afirma que os aditivos mais empregados em argamassas são: incorporadores de ar, plastificantes, retentores de água, retardadores de pega, hidrofugantes, impermeabilizantes.

2.5.1 Aditivos Superplastificantes

Martins (2009), sua utilização reduz o consumo de água, melhorando a resistência, durabilidades e fluidez da mistura sem aumentar a quantidade de água, reduz o consumo de cimento mantendo sua consistência, resistência a compressão e ainda reduz a retração fluência e tensões térmicas.

Rubim (2015), diz que os aditivos superplastificantes reduzem no mínimo 12% da quantidade de água de amassamento. Segundo NBR 11768: 2011, diz que os aditivos superplastificantes possuem compatibilidade com todos os cimentos Portland atual no mercado, no qual, o aditivo atende a todos os critérios da norma.

Os aditivos superplastificantes são a base policarboxilato em que atua de forma completa nas partículas do cimento, o policarboxilato possui longas cadeias laterais “sidechains” que por sua vez é responsável pelo efeito estéreo. Essas cadeias são então responsáveis pela redução de água no composto pode reduzir a 40% de água, (MARTINS, 2009).

Segundo Martins (2009) *apud* Leal (2017), superplastificantes são aditivos com partículas que carregam carga de mesmo sinal, ocasionando-se uma repulsão eletrostática nas partículas do cimento necessitando de menos água.

2.6 ADIÇÕES MINERAIS

Segundo Tutikian e Molin (2008) as adições minerais podem ser classificadas em dois grandes grupos nos quais são adições minerais quimicamente ativas e adições minerais sem atividades químicas.

As adições minerais sem atividade química são adições no qual usualmente utiliza-se para adição de filler no composto em que seu efeito ocorre-se um empacotamento granulométrico nos pontos nucleação da hidratação dos grãos do cimento, outro ponto ocorrer-se a substituição do agregado miúdo por filler nos quais apresentam melhoria na sua compacidade do esqueleto granular e coesão da mistura, (TUTIKIAN; MOLIN, 2008).

As adições minerais quimicamente ativas têm propriedades cimentantes ou matérias pozolânicas que em contato com a Ca(OH)_2 obtém-se reação química, alguns exemplos das adições minerais quimicamente ativas são a cinza volante com baixo teor de cálcio, pozolanas naturais, sílica ativas, cinza da casca de arroz e a metacaulim, (TUTIKIAN; MOLIN, 2008).

Pozolanas são composições silicosa ou sílico-aluminosas, sendo apresentadas tanto como substâncias naturais ou artificiais, quando adicionada com o hidróxido de cálcio retratam propriedade cimentícias, (SALGADO, 2010).

Tashima (2006) afirma que, pozolanas naturais refere-se a derivados tipos de rochas ou minerais vulcânicos, no qual são submetidos a processos de classificações, pois na maioria das vezes apresentam impurezas no que reduz sua influência pozolânica. Alguns tipos de pozolanas naturais são citados pelo autor, como tufos vulcânicos, tetras diatomáceos e argilas calcinadas. Segundo ele a utilização das pozolanas naturais obtém-se reduções consideráveis na utilização de energia para a fabricação do cimento Portland, em virtude desta sua utilização reduz porcentagem na substituição do cimento Portland, além de influenciar na diminuição dos gases produzidos na fabricação do clínquer. Entretanto, pozolanas naturais apresentam efeitos negativos, pois se trata de material não renovável, sendo acarretados por diversos impactos ambientais.

Pozolanas artificiais são subprodutos provenientes de resíduos agroindustriais. Em dias atuais são empregadas na construção civil como, cinzas volantes, escórias de alto forno e sílica ativa, (TASHIMA, 2006).

2.7 ARGAMASSA E SUA APLICABILIDADE

Azeredo (2006) diz que a argamassa tem como finalidade em fixar os materiais como uma cola, classifica-se a argamassa de acordo com suas determinadas funções, como por exemplo: argamassa de aderência, argamassa de junta, argamassa de regularização, argamassa de acabamento e argamassas especiais.

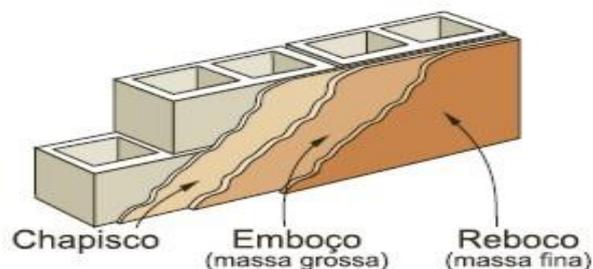
Argamassa de aderência também denominada como chapisco é um revestimento rústico aplicado em alvenarias, afim facilitar a aplicação de revestimentos posteriores, (MILICO, 2000).

Argamassa de junta tem como encargo de evitar choques de micro movimentos com fácil manuseio e moderada plasticidade, sua resistência é influenciada pela quantidade de aglomerantes em seu composto como cal ou cimento. (AZEREDO, 2006).

Argamassa de regularização evita a infiltração e penetração de águas, além de nivelar a superfície a ser aplicada, pode ser denominada por emboço, sua espessura média 1,5 cm, seu excesso ocorre-se risco de desprender do substrato, (MILICO, 2000).

Argamassa de acabamento são argamassa no qual está propícia a dar as devidas características em substrato para o processo de pintura, sua espessura e da ordem de 2 mm, seus materiais são inertes e de granulometria fina, (AZEREDO, 2006).

Figura 6: Tipos de revestimento argamassado



Fonte: BOLONHA (2014)

2.7.1 Contrapiso

Segundo a ABNT NBR 15575-1: 2013, diz que, contrapiso é o conjunto de camadas destinado a dissipar o carregamento, sendo elas, camadas estruturais, camada de contrapiso, camada de fixação e camada de acabamento.

Ainda segundo ABNT NBR 15575-1: 2013, diz que, o contrapiso exerce a função de regularizar o substrato, fazendo-se o mesmo tornar uma superfície uniforme, coesa, possibilitando ou não um futuro acabamento sobre o mesmo.

Portanto a argamassa empregada para contrapiso deve-se ter características semisseca, também denominada como argamassa “farofa”, no qual está é lançada sobre uma base é compactada, (CICHINELLI, 2009).

2.8 ARGAMASSA AUTONIVELANTE

Martins (2009), diz que, argamassa autonivelante pode ser conhecida como auto adensável, pois a mesma tem características de escoar através de seu peso próprio, de fluir sem ocorrer segregação, obtendo uma alta fluidez, grande mobilidade e moderada viscosidade. Contudo, este material é relativamente novo no Brasil, foi patenteado pelos europeus através de uma empresa potiguar de investimentos imobiliários.

Rubin (2015) diz que, a argamassa auto adensável é constituída de base cimentícia bombeável, e aplicada em superfícies horizontais, podendo ser em substrato ou não, também pode ser utilizada sobre manta acústica ou térmica.

Silva (2016), afirma que, argamassa autonivelante permite produção de pisos com espessuras mínimas variando entre 8 e 15 mm. Comparadas com argamassa convencional sua aplicabilidade é significativamente rápida, por isto seu tempo de secagem

é extremamente rápido, além de ser uma argamassa viável economicamente por utilizar espessuras relativamente finas.

De La Peña (2011) afirma que, o custo da argamassa autonivelante é baixo devido a sua facilidade da aplicação e sua espessura fina.

- Aplicação rápida permitindo a redução do tempo de obra;
- Alta qualidade e durabilidade;
- Superfícies sem falhas

Silva (2016), dependendo da complexidade da formulação da argamassa autonivelante está apresenta um alto custo pelo fato da utilização de cimento mais específico e da utilização de aditivos químicos, porém isto é recompensado pela facilidade da aplicação e pela pouca quantidade de material utilizado por metro quadrado, em virtude de sua espessura ser fina, dando um maior rendimento quando utilizada.

Figura 7: Camada de argamassa autonivelante sobre um contra piso



Fonte: CIMENTO (2017)

Os primeiros compostos desenvolvidos “self-levelling flooring compound” (SLC), o mesmo foi desenvolvido por Nils Johansson na Finlândia, seu composto foi estabelecido por cimento Portland e aditivos químicos que melhoraria a sua fluidez como plastificantes e fluidificantes, no entanto, a argamassa autonivelante entrou no mercado da construção civil em 1977 (ANDERBERG, 2007 *apud* RUBIM, 2015).

Nakakura (1997) *apud* Martins (2009) cita as principais vantagens da argamassa autonivelantes.

- Espessura do piso/contrapiso de 5 a 10 mm
- Tendência a fissuração praticamente zero
- Produtividade na aplicação

- Tempo de secagem é rápido
- Elevado ganho ecológico, já que a uma aceitação de resíduos industriais em sua composição, como sílica ativa, cinza volante, escória de alto forno, cinza da casca de arroz, entre outros.

Contudo, somente em 2002 o Reino Unido desenvolveu a primeira norma da argamassa autonivelante, a mesma normatizava a utilização para revestimento de pisos (FERFA, 2005 *apud* RUBIM, 2015).

2.8.1 Propriedades da argamassa autonivelante

Nakakura (1997), afirma que argamassas convencionais e argamassas autonivelantes apresentam-se características básicas semelhantes, sendo elas o cimento Portland de alta resistência com resistência inicial de 25 a 45% da massa total, areia fina quartzoza (de 40 a 60%), as demais porcentagens restantes no qual varia entre 10 e 15% são de aditivos químicos e adições minerais.

Martins (2009), diz que, a utilização do cimento deve-se ter limites quando adicionado à argamassa autonivelante, sua utilização é entre 500 a 300 kg/m³, evitando-se a retração composto.

Para reduzir a quantidade de cimento inserido no composto da argamassa autonivelante, faz-se o uso adições minerais, podendo ser então, uma solução para redução de custo do composto e para possíveis problemas que a mesma apresentar (EFNARC, 2002 *apud* MARTINS, 2009).

2.8.2 Propriedades no estado fresco

Para que a argamassa autonivelante seja auto adensável deve-se de ter combinação nas seguintes propriedades, fluidez, coesão, trabalhabilidade, compatibilidade entre cimento-aditivos e viscosidade (EFNRAC, 2002 *apud* MARTINS, 2009).

Martins (2009), diz que a argamassa autonivelante deve ser analisada no processo de estado fresco a seguintes propriedades:

- Consistência: no qual é a capacidade de percorrer todos espaços do lançamento apenas pelo peso próprio, formando no substrato uma superfície plana argamassa autonivelante.

- Resistência à segregação: a argamassa deverá ter elevada fluidez sem ocorrer segregação, para isto deve-se ter uma boa homogeneização da mistura a fim de evitar a flutuação das partículas maiores.

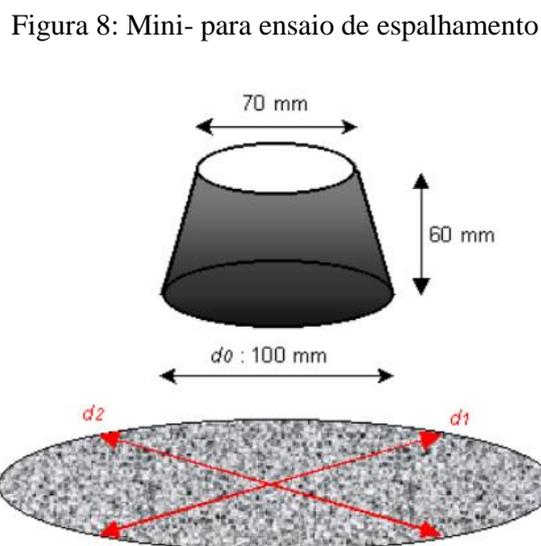
Silva (2016), fluidez da mistura depende diretamente do uso de aditivos superplastificantes, contudo, o uso do mesmo tem um limite para que não possa ocorrer problemas de exsudação e nem segregação.

2.8.2.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade nada mais é do que a facilidade de manuseio da argamassa ou concreto, pois sua propriedade está diretamente ligada à sua consistência, contudo para ser considerada uma argamassa ou um concreto trabalhável, o transporte deve-se permanecer plástica o tempo suficiente para a sua aplicação. (SABBATINI, 1984 *apud* BREITENBACH, 2013).

Silva (2016) diz que, que a retenção de água na argamassa autonivelante também precisa ser controlada, afim de não prejudicar sua trabalhabilidade.

A trabalhabilidade da argamassa autonivelante verifica-se pelo ensaio de preenchimento do mini trono de cone, contudo, o ensaio analisa o espalhamento da argamassa autonivelante onde a mesma deve-se formar um diâmetro uniforme e sua rugosidade em sua borda (GEOGIN, 2008 *apud* Leal, 2017).



Fonte: NUNES, 2001 *apud* LEAL, 2017

Nakaura e Bucher (1997) *apud* Silva (2016), diz que, para analisar a fluidez da argamassa autonivelante se verifica sua consistência.

- Material para regularização: 130 a 140 mm
- Argamassas para acabamento: 160 a 165 mm.

Katsiadramis (2010) fala que, o espalhamento, pelo método do mini cone na mesa, deve variar entre 24 e 26 cm para argamassas autonivelantes.

Georgin et al. (2008) em suas pesquisas, definiu a argamassa autonivelante com valores de 25 e 27 cm de espalhamento.

2.8.2.2 Exsudação

O processo de exsudação da argamassa ocorre-se pela separação da água da mistura para a superfície da argamassa, comprometendo o acabamento da argamassa, além de ocorrer manifestações patológicas como manchas, perda da resistência mecânica superficial e a própria durabilidade do material, (RUBIM, 2015).

Bauer (2000), diz que, a exsudação é o fenômeno que ocorre de forma espontâneo pela mistura da água fazendo a mesma aflorar pelo efeito da diferença de densidade do cimento e a água, podendo ser um tipo de segregação entendido como separar os constituintes da argamassa e do concreto.

Silva (2016), afirma em seus estudos que, para se verificar a segregação da argamassa autonivelante analisa a existência ou não de água com nata de cimento na borda do ensaio de espalhamento, sendo que esta verificação é feita visualmente.

2.8.2.3 Segregação

Almeida (2002), diz que, a segregação consiste na separação dos agregados anexados em um composto seja no concreto ou na argamassa, impedindo que o composto seja uniforme e com características esperadas. Segundo o autor a segregação pode ocorrer na hora da aplicação do concreto ou da argamassa na superfície indicada e pelo excesso de vibração na eliminação dos vazios do composto.

Perius, (2009) *apud* Leal (2017), diz que, a distribuição granulométrica, teor de finos e massa específica são grandes influenciadoras da estabilidade da pasta da argamassa autonivelante.

2.8.3 Propriedades no estado endurecido

2.8.3.1 Resistência a compressão

Trindade (2012), diz que, resistência a compressão é um ensaio com grande importância para a caracterização de concretos e argamassas, foi demonstrado primeiramente por “DuffAbrams” em 1918.

Segundo Nakakura e Bucher (1997), onde estudaram a resistência da argamassa autonivelante baseados na norma brasileira de produção de pisos.

- Resistência à compressão: 25 a 35 MPa;
- Resistência à tração na flexão: 8 a 11 MPa;

EFNARC, 2001 apud Silva, 2016, para pisos autonivelantes de uso industrial ou comercial, devem obter os seguintes parâmetros.

Tabela 1: Pisos autonivelantes indústrias ou comércios

Classificação conforme uso pretendido	Características de desempenho	Método de ensaio especificado	Requisitos
A	Resistência a compressão	EN 13892-2	≥ 20 MPa
A	Resistência a flexão	EN 13892-2	≥ 5 MPa

Fonte: (EFNARC, 2001 apud SILVA, 2016)

Contudo, as propriedades em estado endurecido da argamassa autonivelante, deve apresentar uma superfície pouco porosa, principalmente se a argamassa for aplicada para piso acabado. Além disto, a argamassa não deve apresentar fissuras pelo fato da utilização de adições minerais e aditivos (SILVA, 2016).

2.8.3.2 Retração por secagem

Retração por secagem é a perda de volume que acontece tanto em concreto quanto em argamassa, isto ocorre pela deformação do material na troca de água para o ambiente externo, formando uma combinação entre carbonatação e a dessecação do material. (ITIM *et al.* 2011).

O estudo da retração é de suma importância para a qualidade de um bom concreto ou argamassa, pois a mesma relaciona diretamente na resistência a compressão, além da retração facilitar o acesso de agentes nocivos no composto, podendo reduzir a durabilidade da estrutura, fatores que influenciam para a retração, são: granulometria, relação água/cimento, ativos e adições minerais. (PERIUS, 2009).

3 METODÓLOGIA

3.1 DESENHODO ESTUDO

- **Tipologia da pesquisa**

A devida pesquisa possui caráter qualitativo é quantitativo, e visa estudar a utilização da cinza da casca de arroz sem controle de queima no composto da argamassa autonivelante. Com isto, a pesquisa tem objetivo exploratório, pois se trata de novas tecnologias.

- **Local de realização da pesquisa**

A pesquisa foi realizada no complexo laboratorial Ceulp-Ulbra na cidade de Palmas-TO.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Objeto de estudo da pesquisa é a cinza da casca de arroz proveniente do Resíduo industrial da cerâmica Santa Maria.

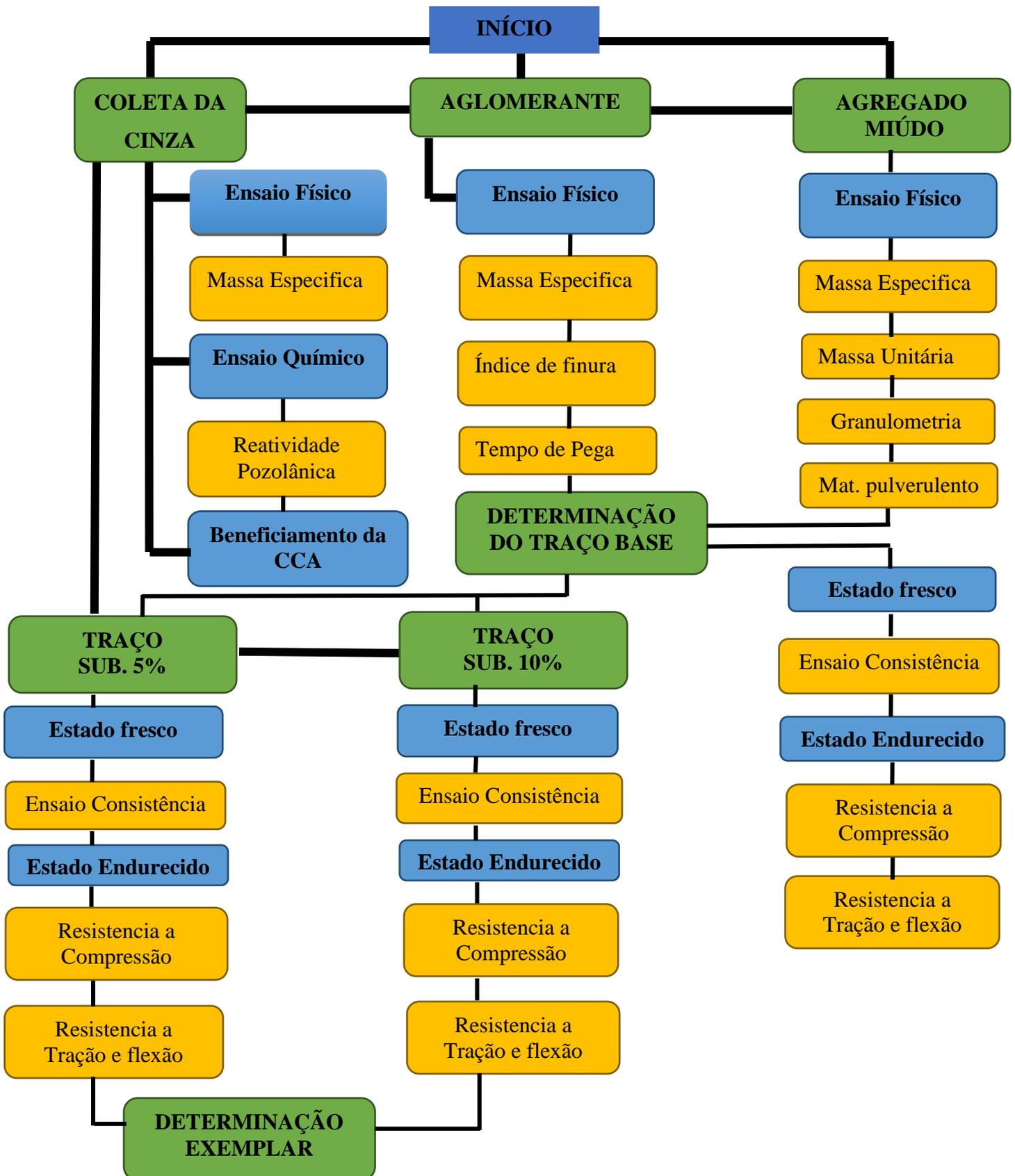
A utilização do resíduo no composto da argamassa autonivelante consiste avaliar as características da mesma em seu estado fresco e endurecido. Para o estado fresco, sua avaliação consiste em verificar o aumento ou a perda da viscosidade através do comparativo com a fluidez traço base. Para o estado endurecido, os traços com CCA será avaliado suas características quanto ao ganho ou perda de resistência nos ensaios de resistência a compressão e tração na flexão, comparando-se com os resultados do traço base.

Figura 9: Cerâmica Santa Maria



Fonte: GOOGLE EARTH, (2018)

3.3 FLUXOGRAMA DA PESQUISA



3.4 AGLOMERANTE

Para o estudo o aglomerante utilizado foi o cimento Portland CII-F40, onde foi comprado no comércio local da cidade de Palmas-TO.

O mesmo foi utilizado pelo fato deste aglomerante, apresentar características favoráveis para a fabricação da argamassa autonivelante, pois o mesmo possui elevado grau de finura. Esta característica proporciona maior resistências em todas as idades.

Segundo Leal (2017), em seus estudos, utilizou-se o cimento Portland CII-F40 para a confecção da argamassa autonivelante, pois o mesmo, proporcionou bons resultados.

Para o aglomerante em estudo, foi realizado os seguintes ensaios para a sua caracterização.

- Cimento Portland- Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200) NBR 11579:2013
- Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica NBR NM 16605:2017
- Cimento Portland – Determinação do tempo de pega NBR 16607:2017

3.5 AGREGADO MIÚDO

Para o estudo, o agregado utilizado, foi de características naturais extraída em leito de rio, de origem quartzosa, sua disposição foi comprada no comercio local da cidade de Palmas-TO.

Para a caracterização do agregado miúdo, foram desenvolvidos os seguintes ensaios:

- Agregado miúdo- Determinação de massa específica e massa específica aparente ABNT NBR NM 52:2009
- Agregado miúdo- Determinação da massa unitária e do volume de vazios. NBR NM 45:2006
- Agregado miúdo- Determinação da composição granulométrica NBR NM 248:2003
- Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. NBR NM 46:2003

3.6 ADITIVO QUÍMICOS

Para o estudo, o aditivo utilizado foi o superplastificante Sika Visco Crete 3535 CB.

Segundo o fabricante o uso deste aditivo em concreto fluido recomenda-se uma dosagem de 1,00% a 1,50% sobre o peso do cimento.

Este aditivo foi utilizado em todos os traços rodados nesta pesquisa. Seu teor foi determinado de acordo com o traço base.

3.7 CINZA DA CASCA DE ARROZ

3.7.1 Processo de produção da cinza da casca de arroz na cerâmica Santa Mária

A indústria armazena a casca de arroz em um galpão coberto, localizado perto dos fornos, sua compra, deriva de indústrias de beneficiamento de arroz disposto na região. O armazenado coberto se dá pelo fato da casca de arroz se manter seca, melhorando sua queima na hora de sua utilização.

A casca de arroz é transportada através de caminhões da indústria e sua quantidade varia de acordo com os fornos a serem queimados durante a semana.

Figura 10: Armazenamento da casca de arroz



Fonte: AUTOR (2019)

A casca de arroz, é colocada nos fornos cerâmicos em pequenas quantidades, este processo de queima leva em torno de 4 dias. A indústria utiliza máquinas que controlam a temperatura de queima, pois para a empresa o controle de queima está direcionado para a qualidade da fabricação dos tijolos e telhas fabricados por ela.

Figura 11: Processo de queima da casca de arroz nos fornos



Fonte: AUTOR (2019)

Á maquina da imagem acima, tem a funcionalidade de fazer controle da quantidade de casca de arroz que entra nos fornos. Este controle, estabelece uma uniformidade de temperatura de 900 °C durante os 4 dias da queima.

Com isto, a cinza é retirada das fornalhas em quantidades pequenas, sendo transportada com carrinhos de mão até o depósito a céu aberto dentro do pátio da cerâmica. Este processo é repetido durante todo o tempo de queima.

Figura 12: Acumulo de cinza da casca de arroz a céu aberto



Fonte: AUTOR (2019)

Por ser uma área de depósito, resto de tijolos, telhas e argila também são depositados no local. Estes resíduos passam a ser amontoados nesta área.

Contudo, para o estudo do processo de produção cinza foi analisado as seguintes características:

3.7.2 Coleta da cinza da casca de arroz

A amostra foi retirada do depósito de cinza a céu aberto da indústria, onde foi coletado em pontos que não apresentavam restos cerâmicos ou matéria orgânica.

O transporte da cinza da casca de arroz, foi em um recipiente fechado e inseto de materiais ou produtos que possam comprometer a amostra. A mesma foi levada ao complexo laboratorial Ceulp-Ulbra para o processo de beneficiamento e determinação dos ensaios.

A quantidade de material retirado para estudo foi aproximadamente 20 kg.

Figura 13: Coleta da cinza da casca de arroz na cerâmica Santa Maria



Fonte: AUTOR (2019)

3.7.3 Beneficiamento da cinza da casca de arroz

Após a coleta da cinza da casca de arroz, a cinza passou pelo processo de beneficiamento no laboratório Ceulp-Ulbra.

Em início, a cinza coletada, foi espalhada em uma lona preta e retirada restos cerâmicos e pedras que estavam em seu meio.

Com isto, a cinza foi colocada no moinho de bolas no tempo de 40 minutos, a fim de obter granulometria contínua.

Figura 14: Beneficiamento da CCA no moinho de bolas



Fonte: AUTOR (2019)

Após está etapa, a cinza foi toda peneirada N° 200 e armazenado em saco plásticos para obtenção dos estudos da adição na argamassa autonivelante.

Figura 15: CCA peneirada na peneira N° 200



Fonte: AUTOR (2019)

Para a caracterização da cinza da casca de arroz, foi realizado o ensaio de determinação da massa específica. Este ensaio foi determinado de acordo com a NBR 16605:2017

Figura 16: Ensaio de massa específica da CCA



Fonte: AUTOR (2019)

Além do ensaio citado, outro ensaio realizado para a caracterização da cinza, foi o ensaio de reatividade pozolânica. Para este ensaio, foi retirado uma amostra de 50 g já beneficiada e enviada para o laboratório Construções e Ambiência da universidade de São Paulo USP, município de Pirassununga.

Figura 17: Ensaio de reatividade pozolânica



Fonte: LAB CONSTRUÇÕES E AMBIÊNCIA (2019)

O ensaio de pozolanicidade da cinza consiste na determinação do índice de atividade pozolânica de um mineral por meio da medida da condutividade elétrica, através da solução de hidróxido de cálcio. Tendo como objetivo a avaliação da contribuição da condutividade total dos íons Na^+ , K^+ , Mg^{2+} e outros que possam estar presentes na amostra.

Para a realização do ensaio foram realizados os seguintes procedimentos: conforme Rodrigues, 2012 *apud* Paya 2001.

- 250 ml de água deionizada em um balão de fundo chato de três bocas Paralelas;
- Temperatura da água foi elevada a 80 °C (agitador magnético com aquecimento, modelo RCT Basic, da Ika e com controlador digital de temperatura, modelo ETS-D5, Ika);
- Mistura da água com temperatura elevada com 200 mg de Ca(OH)_2 , na obtenção de solução insaturada de CH;
- Agitação durante 1 hora para garantir que todo CH seja dissolvido e aumento da temperatura;
- Após 1 hora, efetuou-se a mudança da temperatura da solução para 60 °C, essa temperatura foi adotada por ser similar a temperatura da reação-exotérmica no cimento, durante as primeiras horas de hidratação;

- Quando chegou a 60 °C foi acionada a coleta de valores de condutividade elétrica por meio de um condutivímetro elétrico, modelo DM-32, da Digimed, com um programa de coleta de dados, desenvolvido pela Digimed e a célula de condutividade de aço inox, modelo DMC-001 XTX, da Digimed, com leitura de 0,001 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- Foi imediatamente colocada 5,25g de adição mineral na solução CH/água;
- As informações foram coletadas durante 24h.

3.8 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO BASE

Para a determinação traço base, foi seguido os parâmetros que Nakakura e Bucher (1997), onde exemplificaram em seus estudos, que a argamassa autonivelante deve obter os seguintes parâmetros.

- Resistência à compressão: 25 a 35 MPa;
- Resistência à tração na flexão: 8 a 11 MPa;

O traço base, foi adaptado de acordo com a bibliográfica de Silva (2016) 1,00: 2,500. Onde, a quantidade de cimento/areia foi permanecida variando apenas o fator água/cimento e a quantidade de aditivo superplastificante.

Diante disto, para obtenção do traço base, foram feitas 4 tentativas, os mesmos foram rodados na argamassadeira do laboratório Ceulp/Ulbra.

Na tentativa de obter a dosagem adequada, foram analisados os traços de acordo com o espalhamento feito pelo cone de mesa, foram feitas análise quanto ao espalhamento mínimo e máximo, análise quanto a segregação e exsudação.

Figura 18: Argamassadeira



Fonte: AUTOR (2019)

As matérias foram adicionado na argamassadeira em parcelas e misturados na velocidade lenta conforme exemplificado abaixo.

- Aglomerante mais areia fina, misturando até a homogeneização dos materiais;
- Adição de parte de água;
- Adição de parte do aditivo superplastificante, misturando até verifica-se a reação do aditivo nos materiais inseridos.
- Adição do restante da água mais o restante do aditivo. Nesta etapa, a argamassa foi rodada durante um período de 5 minutos.

Posterior a confecção da argamassa autonivelante, foram feitos os ensaios de espalhamento para cada tentativa de argamassa rodada. Com tudo, foi determinado através de análise visual, o traço base.

Após a determinação do traço base, o mesmo foi rodado em quantidade maiores, a fim de obter a quantidade necessária para preencher os corpos de provas para ensaio de resistência a compressão, tração na flexão e determinação do protótipo.

3.9 DETERMINAÇÃO DOS TRAÇOS 5% E 10%

A cinza da casca de arroz foi adicionada na substituição parcial do cimento e do agregado miúdo nos teores de 5% 10% do volume dos devidos compostos, conforme a bibliografia de Silva (2003) *apud* Missau (2004).

Os devidos traços foram desenvolvidos com o volume de 8208,48 cm³ na confecção 9 de provas com diâmetro de 50 mm por 100 mm de altura, para o ensaio de resistência à compressão, 9 corpos de provas de 40x40x160 mm para o ensaio de tração na flexão e preenchimento dos protótipos com dimensões de 25x35x2,00cm.

3.10 ESTADO FRESCO

No estado fresco, o espalhamento da argamassa autonivelante será analisado de acordo com bibliografia Katsiadramis (2010) e Georgin et al. (2008). Onde o espalhamento da argamassa autonivelante pelo método do mini cone na mesa, deve variar 24 e 26 cm e 25 e 27 cm.

Para a simplificação do estudo, o espalhamento ideal deverá ocorrer entre 24 a 27 cm pelo mini cone de mesa. Onde, não deverão ocorrer características de segregado e nem exsudação do composto.

3.11 ESTADO ENDURECIDO

A moldagem dos corpos de prova foi realizada conforme a norma técnica da ABNT NBR 7215/2019- Determinação da resistência à compressão de corpo de prova cilíndricos

Por estar confeccionando uma argamassa autonivelante, foi dispensado a etapa de adensamento.

Este ensaio, consiste em determinar a tensão máxima suportável, que o corpo de prova foi submetido. Para cada idade, foram rompidos 3 corpos de provas, afim de estabelecer uma média aritmética da resistência.

Com isto, a determinação da resistência a compressão foi medida em (Mpa). Os corpos de provas foram rompidos na idade de 3,7 e 28 dias.

Figura 19: Ensaio de resistência a compressão na prensa EMIC PC 201



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 20: Ensaio de tração na flexão máquina EMIC DL 1000



Fonte: AUTOR (2019)

A determinação do ensaio de tração na flexão, foi seguida de acordo com a norma ABNT 13279/2005- Argamassa para assentamento e revestimento de parede e tetos- Determinação da resistência a tração na flexão é a compressão.

O ensaio consiste na obtenção da tensão máxima que o corpo de prova resistiu uma força cortante na metade de seu maior lado. Está força, como exemplifica a ima-

gem acima foi aplicada pela máquina no que gerou uma flexão máxima até o momento de sua ruptura.

3.12 MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo da pesquisa, teve como finalidade, em simular o comportamento que cada argamassa autonivelante apresentaria se fosse aplicado em um substrato de uma obra.

A determinação do protótipo foi adaptada de acordo com a bibliografia de Rubim (2015) e seguiu os seguintes parâmetros.

- Fabricação da placa de concreto com dimensões de 65x85x5 cm para a simulação do substrato;
- Confecção do perímetro e divisórias da placa de concreto com madeira para a delimitação do espaço para cada argamassa autonivelante;
- Aplicação da argamassa nas divisórias 25x35x2,00 cm sobre o substrato;
- Análise visual dos protótipos.

3.13 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para a determinação da permeabilidade das argamassas desenvolvidas, foi utilizada a norma ABNT NBR 9778/2009 Argamassa e concreto endurecido- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Para a realização do ensaio, foram separados 3 corpos de prova de cada argamassa e colocado na estufa no tempo de 72 h, após a retirada dos corpos de provas os mesmos foram pesados e imergidos em água por 72 h. Possibilitando encontrar a massa específica seca e massa específica saturada.

Após está etapa, foi determinado a absorção de água de cada traço através da seguinte equação.

Figura 21: Determinação da absorção de água

$$Absorção (\%) = \left(\frac{Msat - Mseca}{Mseca} \right) * 100$$

Fonte: NBR 9778/2009

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

4.1.1 Aglomerante

Tabela 2: Caracterização do aglomerante

Cimento CII-F40				
Massa específica (g/cm ³)	Índice de finura (%)	Tempo de pega		
		Massa de água (g)	Início (h)	Final (h)
3,09	2,1	144	2h45	3h50

Fonte: AUTOR (2019)

Como exemplifica a tabela acima, estes foram os resultados da caracterização do cimento CII-F40. Com isto, estes dados foram utilizados para a confecção dos traços desenvolvidos pela pesquisa.

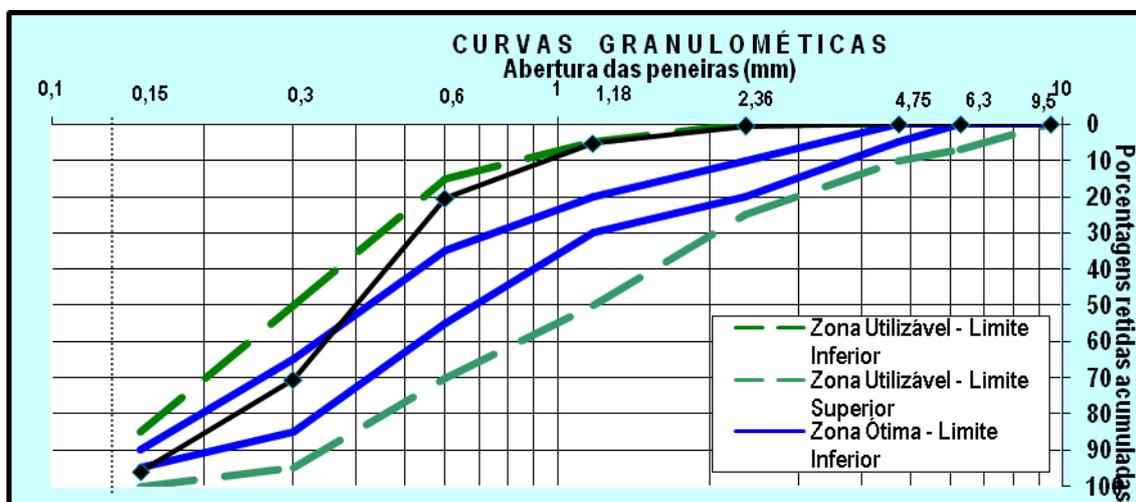
Para a argamassa autonivelante, o índice de finura do cimento é extremamente importante. Pois este fator diminui a exsudação aumenta a trabalhabilidade e a coesão, além obter grande resistência.

O ensaio de tempo, destaca-se o tempo útil trabalhável que a argamassa pode ser aplicada. Por ser um cimento com alta resistência, seu tempo de pega é mais rápido quando comparado ao cimento Portland comum, isto resulta um tempo de aplicação da argamassa mais curto.

4.1.2 Agregado miudo

A distribuição granulométrica da areia foi de acordo com a NBR NM 248 (2003), detalhado no gráfico abaixo.

Figura 22: Granulométrica da areia natural



Fonte: AUTOR (2019)

Conforme as curvas granulométricas apresentadas pode-se perceber que a areia natural obteve pouca uniformidade na sua composição granulométrica, pois, da peneira 2,36 a 0,6 mm a granulometria apresentou próximo a zona utilizável- limite inferior. E da peneira 0,3 até o fundo com granulométrica apresentou dentro dos limites da zona ótima- limite inferior.

Percebe-se que a areia natural apresentou melhor homogeneidade nas peneiras inferiores, esta característica é importante para a determinação da argamassa autonivelante. Pois a presença de finos no composto é extremamente importante, visto que, esta característica proporciona em uma melhor fluidez e resistência a exsudação.

Contudo, o agregado miúdo classifica-se por ser areia fina, pois o material está passando-se para peneiras abaixo de 0,3 mm.

Tabela 3: caracterização do agregado miúdo

Agregado miúdo				
Massa específica (g/cm³)	Massa unitária (g/cm³)	Modulo de finura (%)	Ø Máximo do agregado	Teor de materiais pulverulentos (%)
2,65	1,66	1,91	1,2	1,64

Fonte: AUTOR (2019)

4.1.3 Cinza da casca de arroz

Para a caracterização da cinza da casca de arroz, foi analisado inicialmente o mecanismo de queima utilizado pela indústria.

Foi observado no processo de aquecimento dos fornos, que a casca do arroz fica em um curto período de tempo dentro das fornalhas, resultando em um curto período de queima da casca do arroz. Isto pois, a indústria utiliza-se máquinas que inseri a casca do arroz nas fornalhas em ciclos rápidos entre 5 a 10 minutos, este processo resulta na retirada da cinza já queima da fornalha.

Outra característica importante è que a indústria faz o controle da temperatura através de termômetros instalados nos fornos e não da temperatura em que a casca do arroz está sendo submetida a queima.

Além disso, foi observado que sua coloração após o processo de queima apresenta uma coloração escura, pelo fato de ocorrer uma queima insuficiente.

Figura 23: CCA Cerâmica Santa Maria



Fonte: AUTOR (2019)

Outra caracterização importante foi o ensaio de reatividade pozolânica. Conforme análise dos resultados disponibilizados pelo laboratório a cinza não apresentou características de reatividade pozolânica.

Tabela 4: Dados de condutividade elétrica

Identificação da amostra	Tempo (s)	Condutividade elétrica (mS/cm)
6	100	4,033
51	1000	3,929
1001	20000	2,870
1792	35820	1,555
4356	87100	1,555

Fonte: AUTOR (2019)

A tabela acima exemplifica os resultados do ensaio de condutividade elétrica feito para a verificação da reatividade pozolânica da cinza da casca de arroz em estudo.

O ensaio da condutividade elétrica consiste na aplicação 5,25 g da amostra numa solução aquosa de hidróxido de cálcio, onde, a média que a cinza for exposta a esta solução se o material apresentar reatividade, ele tende a reagir com a solução resultando em aumento elétrons no meio aquoso e uma perda de elétrons para a amostra, isto resulta em de aumento condutividade elétrica.

Conforme pode-se observa na tabela, que a cinza apresentou perda de condutividade elétrica na medida que aumento o tempo de exposição com a solução aquosa. Está característica resulta em amostra sem reatividade pozolânica, pois a amostra está recebem elétrons do meio aquoso em vez liberar isto resulta em menor condutividade elétrica.

ca na solução resultando no crescimento da condutividade na medida que aumento o tempo de exposição do ensaio.

Foi verificado, que a cinza apresentou estabilização em sua condutividade logo nas primeiras horas de ensaio, onde na grande parte do ensaio não obteve alteração em sua condutividade.

Contudo, além do ensaio de reatividade também foi realizado o ensaio da massa específica da cinza da casca de arroz obtendo o resultado de 2,15 g/cm³. Este ensaio, consiste em caracterizar a relação do peso sobre um determinado volume, necessários para confecção dos traços utilização da cinza da casca de arroz.

4.2 CONFECÇÃO DO TRAÇÃO BASE

Para a determinação do traço base, foram realizadas 4 tentativas, o objetivo era encontrar a dosagem ideal que apresentasse as características de uma argamassa autoni-velante.

As argamassas foram analisadas em seu estado fresco, onde o espalhamento ideal poderia variar entre 24 a 27 cm, sem apresentar segregação e nem exsudação.

Tabela 5: Tentativas traço base (g)

Tentativas	Cimento (g)	Areia fina (g)	SP (g)	SP (%)	H2O (g)	a/c
1	460	1150	4,6	1	487,6	1,06
2	460	1150	3,7	0,8	322	0,7
3	460	1150	5,5	1,2	276	0,6
4	460	1150	6,5	1,41	230	0,5

Fonte: AUTOR (2019)

A tentativa 01, foi adotar o fator água/cimento de acordo a com bibliografia de Silva (2016), contudo, a mesma apresentou exsudação dentro da argamassadeira antes mesmo de se fazer ensaio de espalhamento.

Figura 24: Tentativa 01



Fonte: AUTOR (2019)

Na tentativa 02, foi reduzido o fator água/cimento e a quantidade de aditivos, a fim de evitar a exsudação.

No entanto, esta característica resultou como mostra a imagem abaixo, uma argamassa com pouca fluidez, além da presença de exsudação e segregação. Outra análise importante foi que a quantidade de aditivo superplastificante no traço foi menor que a quantidade mínima prevista pelo fabricante, isto pode ter resultada na pouca fluidez da argamassa.

Figura 25: Tentativa 02



Fonte: AUTOR (2019)

Com isto, na tentativa 03 foi aumentado a quantidade de aditivo superplastificante. A quantidade de água no composto foi sendo aplicada em pequenas quantidades, evitando que a argamassa apresentasse sintomas de exsudação. Nesta tentativa, verificou-se que a argamassa necessitava de maior quantidade de aditivo para obter o espalhamento. Esta característica proporcionou um fator água/cimento menor. No entanto, ainda sim a argamassa apresentou sintomas exsudação em suas bordas.

Além disto, a argamassa ainda não entrou no limite de espalhamento previsto, devendo espalhar pelo método do mini cone na mesa de 24 a 27 cm.

Figura 26: Tentativa 03



Fonte: AUTOR (2019)

Na tentativa 04 foi então determinado o traço base, nesta tentativa, foi aumentada a quantidade de superplastificante, no que proporcionou uma maior fluidez na argamassa chegando então ao espalhamento dentro do parâmetro estimado.

Pode-se perceber de acordo com a foto, que o espalhamento foi uniforme sem apresentar características de exsudação. A quantidade de água no composto foi aplicada com uma seringa com o intuito e evitar a exsudação. Com isto, de acordo com a quantidade de água inserida no composto a mesma foi estabelecida um fator água/cimento exemplificado acima.

Figura 27: Tentativa 04



Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 6: Resultado espalhamento pelo método mini cone de mesa

Tentativas	Aberturas (cm)			Segregação		Exsudação		Borda	
	Diâmetro 01	Diâmetro 02	Diâmetro Médio	Com	Sem	Com	Sem	Uniforme	Desuniforme
01	-	-	-	x		x	-	-	-
02	11,50	11	11,25	-			x	x	
03	21,00	23,00	22,00	-		x			x
04	26,00	26,00	26,00	-			x	x	

Fonte: AUTOR (2019)

4.3 CONFECÇÃO DO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO 5 E 10% POR CINZA DA CASCA DE ARROZ

Os traços de substituição parcial do cimento foram rodados conforme a tabela abaixo. Sua substituição foi realizada através do volume do cimento do traço base. Com isto, outros materiais não alteraram suas quantidades.

A tabela apresenta o traço tanto peso (g), como em volume (cm³). o traço base está denominado na tabela por “TR. BASE”, o traço de substituição de 5% cimento por CCA está denominado por “TR. 5% C” e o traço de substituição do cimento de 10% está denominado por “TR. 10% C”.

Tabela 7: Traço com substituição parcial do cimento por CCA

TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO							
Traços	Cimento	Areia fina	CCA	SP	Água	Quant.	Unid.
TR. BASE	4600,00	11500,00	0,00	65,00	2320,00	18485,00	g
	1488,67	4339,62	0,00	60,19	2320,00	8208,48	cm ³
TR. 5 % C	4370,00	11500,00	160,03	65,00	2320,00	18399,00	g
	1414,24	4339,62	74,43	60,19	2320,00	8208,48	cm ³
TR. 10 % C	4140,00	11500,00	320,06	65,00	2320,00	18312,51	g
	1339,80	4339,62	148,87	60,19	2320,00	8208,48	cm ³

Fonte: AUTOR (2019)

4.4 CONFECÇÃO DO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO DE 5% E 10% POR CINZA DA CASCA DE ARROZ

O traço de substituição parcial da areia foi desenvolvido de acordo com a tabela abaixo, a substituição ocorreu através do volume do agregado miúdo.

A denominação da tabela está descrita da seguinte forma, “TR. BASE” traço base, “TR.5% A”, traço com substituição parcial do agregado miúdo por 5% de CCA e “TR. 10% A” e traço com substituição parcial do agregado miúdo por 10% de CCA.

Tabela 8: Traço com substituição parcial de areia

TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO							
Traços	Cimento	Areia fina	CCA	SP	Água	Quant.	Unid.
TR. BASE	4600,00	11500,00	0,00	65,00	2320,00	18485,00	g
	1488,67	4339,62	0,00	60,19	2320,00	8208,48	cm ³
TR. 5 % A	4600,00	10924,99	466,51	65,00	2320,00	18376,50	g
	1488,67	4122,64	216,98	60,19	2320,00	8208,48	cm ³
TR. 10 % A	4600,00	10349,99	933,02	65,00	2320,00	18268,01	g
	1488,67	3905,66	433,96	60,19	2320,00	8208,48	cm ³

Fonte: AUTOR (2019)

4.5 ENSAIO DE ESPALHAMENTO

O ensaio de espalhamento foi logo após confecção do traço, este como já citado deverá espalhar através de seu peso próprio, além de não apresentar características de exsudação e segregação.

Figura 28: Traço base



Fonte: AUTOR (2019)

Como foi citado, o traço base foi desenvolvido novamente com quantidades maiores, a fim de obter a quantidade necessária para preencher os corpos de prova. Com

isto, o espalhamento do traço base apresentou-se com ótima uniformidade nas bordas além de não apresentar sintomas de exsudação e segregação.

Figura 29: Espalhamento do traço de substituição de 5% do cimento por CCA



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 30: Espalhamento do traço de substituição 10% de cimento por CCA



Fonte: AUTOR (2019)

O espalhamento do traço de substituição do cimento por CCA apresentaram-se com características semelhantes ao traço base. Onde, não apresentou sintomas de exsudação e segregação, além de apresentar bordas uniformes.

Em comparação ao traço base os traços apresentaram uma viscosidade semelhante, esta características, resulta pelo fato da granulometria da cinza apresentar semelhança ao cimento substituído, obtendo uma quantidade de finos semelhantes. Além disto, os traços apresentaram uma coloração mais escura, isto pois, a cinza utilizada apresenta uma coloração escura resultando no aumento da coloração da argamassa.

Outro fato importante, foi que as argamassas apresentaram bolhas na hora do ensaio. Por ser uma argamassa autonivelante, sua acomodação deve ser apenas pelo seu peso próprio. Em virtude disto, está característica pode ter ocorrido a expulsão do ar em seu meio.

Para o traço de substituição de 10%, foi verificado o surgimento fragmentos de cinza na hora do ensaio, resultando em pontos pretos em sua superfície. Esta característica pode ter ocorrido pela fato de obter maior quantidade de cinza no traço resultando na dificuldade de homogeneização da pasta.

Figura 31: Espalhamento do traço de 5% de substituição da areia por CCA



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 32: Espalhamento do traço de 10% de substituição da areia por CCA



Fonte: AUTOR (2019)

Após a finalização dos traços de substituição parcial do cimento, foram então desenvolvidos os traços de substituição do agregado miúdo.

Pode-se perceber pelas imagens acima, que a substituição do agregado resultou em argamassa mais pastosa. Além disto, a argamassa apresentou maior viscosidade quando compara aos traços de substituição do cimento. Isto pois, a granulometria da cinza em relação ao agregado miúdo e menor, está característica resultou na maior quantidade de finos no composto.

Foi verificado que os dois traços apresentaram um desuniformidade em suas bordas.

Outra análise importante, foi que os traços com substituições do agregado não apresentaram bolhas em seu espalhamento.

Tabela 9: Ensaio de espalhamento dos traços

Traços	Aberturas (cm)			Segregação		Exsudação		Borda	
	Diâmetro 01	Diâmetro 02	Diâmetro Médio	Com	Sem	Com	Sem	Uniforme	Desuniforme
TR. BASE	26,10	25,80	25,95	-	x	-	x	x	-
TR. SUB. 5% C	25,90	26,00	25,95	-	x	-	x	x	-
TR. SUB. 10% C	24,90	25,10	25,00	-	x	-	x	-	x
TR. SUB. 5% A	24,10	26,30	25,20	-	x	-	x	x	-
TR. SUB. 10% A	25,00	26,40	25,70	-	x	-	x	-	x

Fonte: AUTOR (2019)

Conforme apresenta a tabela acima, estes foram os resultados dos ensaios de espalhamentos dos traços com substituição do cimento e agregado miúdo.

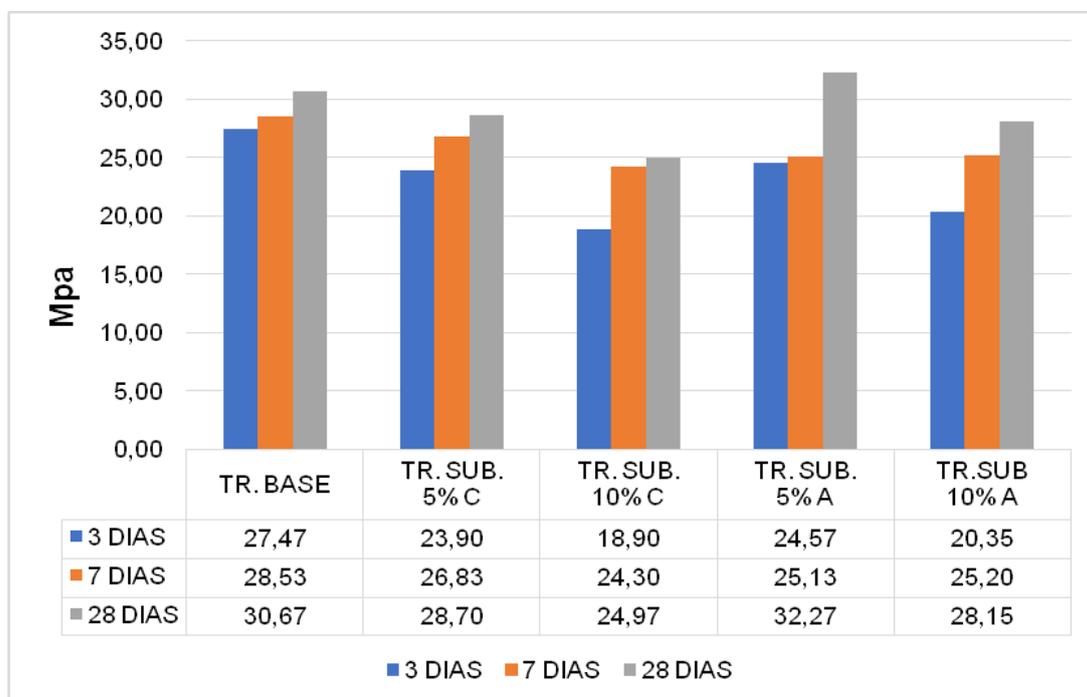
Para os traços com substituição de 5% apenas o traço de substituição da areia apresentou menor espalhamento quando comparado ao traço base, o traço com substituição do cimento obteve o ensaio médio igual ao traço base.

Os traços com substituição de 10% quando comparados com o traço base obtiveram resultados médios menores quanto ao seu espalhamento. Além disto, comparando-se com os traços de 5% os mesmos resultaram em espalhamento também obteram resultados menores. Esta característica, ocorre pelo fato de obter maior quantidade de cinza do traço ocorrendo maior dificuldade de espalhamento.

4.6 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Conforme apresentado no gráfico abaixo, estes foram a média dos resultados encontrados no rompimento de três corpos de provas nas idades de 3,7,28 dias.

Gráfico 1: Resultados do ensaio de resistência a compressão



Fonte: AUTOR (2019)

Pode-se verificar que os resultados com substituição de 5% apresentaram valores maiores que os resultados 10%. Além disto, os resultados com substituição do agregado

miúdo apresentaram valores maiores quando comparados com os traços de substituição do cimento.

Deve ser ressaltado que para os traços com substituição do cimento foi verificado que à medida que aumentou a substituição os valores médios obtiveram queda. Com isto, substituição com maiores quantidades torna-se inviável quando a análise for obtenção de ganho de resistência. Contudo, analisando os respectivos ganhos com o parâmetro exemplificado para o traço base, onde o mesmo deveria apresentar valores finais entre 25 a 35 Mpa. Apenas o traço com substituição de 5% de cimento obteve valores aos 28 dias dentro do parâmetro exemplificado, no entanto para o traço com substituição de 10% em idades finais o mesmo não apresentou os dados dentro dos valores obtendo uma queda de 18,58% quando comparado ao traço base.

Conforme exemplificado nos dados do ensaio da reatividade pozolânica da cinza, a mesma não apresentou reatividade. Esta característica pode ter influenciado na queda dos resultados da substituição do cimento, em virtude da cinza não apresentar características aglutinantes. Além disto, outro fator que pode ter influenciado na perda de resistência para os traços com substituição cimento, foi a granulometria a cinza, pois a mesma como já citado, foi beneficiada na peneira n°200 comparando-se com a finura do cimento está apresenta maior finura, resultando na menor quantidade de finos no composto no que influencia na perda da resistência.

Analisando os dados com substituição do agregado miúdo, foi verificado que estes apresentaram melhores valores. Este fato, pode ter ocorrido, pois a quantidade de cimento no composto permaneceu nas duas substituições. Contudo, os traços com substituição com 10% apresentaram queda quando comparado com o traço de 5%. Além disto, a substituição de 10% do volume do agregado quando comparado com a substituição do cimento de 10% foi bem maior. Com isto, a perda da resistência do traço de 10% do agregado miúdo, pode ser justificada pela maior quantidade de finos no composto.

Analisando o traço com substituição 5% do agregado, este obteve quando comparado com os demais traços o maior ganho de resistência. Pode-se verificar que na idade de 28 dias a média apresentou valor maior que o traço base. Está característica pode ter ocorrido, pela maior quantidade finos inserido no composto. Onde, a quantidade de aglomerante permaneceu o mesmo e apenas foi retirado 5% do volume do agregado. Quantidade esta que não levou a perda da resistência.

Tabela 10: Dados de resistência a compressão 3 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	28,10	27,40	26,90	27,47	0,36	0,49
TR. SUB. 5%.C	23,10	26,60	22,00	23,90	5,77	1,96
TR. SUB. 10%.C	19,70	18,10	14,20	18,90	8,00	2,31
TR. SUB. 5%. A	24,00	25,10	24,60	24,57	0,30	0,45
TR. SUB. 10%. A	20,90	19,80	13,20	20,35	0,60	0,55

Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 11: Dados resistência a compressão 7 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	28,20	29,10	28,30	28,53	0,24	0,40
TR. SUB. 5%.C	25,40	24,90	25,10	26,83	0,06	0,21
TR. SUB. 10%.C	15,20	24,00	24,60	24,30	0,18	4,30
TR. SUB. 5%. A	27,30	27,10	26,10	25,13	0,41	0,52
TR. SUB. 10%. A	28,80	24,60	25,80	25,20	0,72	0,60

Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 12: dados de resistência a compressão 28 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	31,30	31,10	29,60	30,67	0,86	0,76
TR. SUB. 5%.C	28,70	29,30	28,10	28,70	0,36	0,49
TR. SUB. 10%.C	25,80	24,10	25,00	24,97	0,72	0,69
TR. SUB. 5%. A	31,40	33,40	32,00	32,27	1,05	0,84
TR. SUB. 10%. A	28,10	28,20	22,90	28,15	0,00	0,05

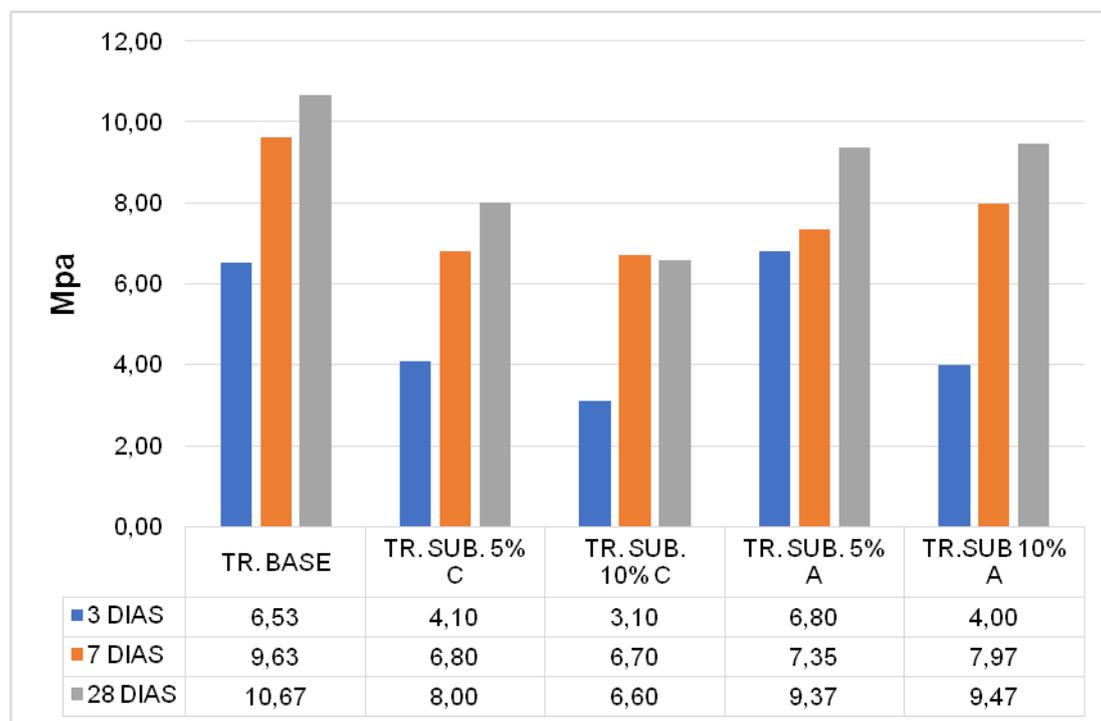
Fonte: AUTOR (2019)

Conforme apresentado nas tabelas acima, estão exemplificados os resultados dos valores do rompimento dos 3 corpos de provas desenvolvido para cada traço nas devidas idades. Além dos coeficientes variância e desvios padrão.

4.7 RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Como exemplifica o gráfico abaixo, estes foram os resultados obtidos do ensaio de flexão.

Gráfico 2: Resultados do ensaio de flexão



Fonte: AUTOR (2019)

Pode-se perceber que os traços com substituição do agregado apresentaram valores médios maiores que os traços com substituição do cimento em todas as idades. Está característica, apresentou-se semelhante ao ensaio de resistência compressão.

Outra análise importante, foi que apenas o traço com substituição 10% de cimento, não apresentou valor aos 28 dias dentro do limite estipulado ao traço base de 8 a 11 Mpa. Com tudo, os demais traços resultaram valores dentro do limite.

Pode-se perceber que os traços com substituição do cimento novamente apresentaram queda no resultado à medida que aumentou a teor da substituição. Estes dados apresentaram semelhanças quando comparados com os ensaios de compressão.

Esta confecção de valores pode ter ocorrido pelo fato de a cinza não apresentarem características aglomerantes. Pois, à medida que foi retirada a devida porcentagem de cimento os traços apresentaram as devidas quedas no resultado.

Analisando os traços com substituição do agregado, os mesmos apresentaram queda quando comparados com o traço base 12,18% para a substituição de 5% e 11,25% para a substituição de 10%. No entanto, em comparação com o de substituição este apresentaram maior ganho de resistência. Este fato pode ter ocorrido, em razão de maior teor de cimento no traço, onde o aglomerante apresentou melhor resistência a flexão.

Além disto, outra análise importante, foi que o traço com substituição 10% do agregado, apresentou melhor resultados nas idades finais em comparação com o de substituição de 5%. Está disposição dos dados, apresentou o inverso dos resultados que disposto no ensaio de compressão. Onde, em todas as idades os traços com substituição de 5% apresentaram melhores resultados.

Tabela 13: Dados de resistência a flexão 3 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	6,70	6,40	6,50	6,53	0,02	0,12
TR. SUB. 5%.C	3,90	4,30	6,50	4,10	0,08	0,20
TR. SUB. 10%.C	2,90	3,30	4,80	3,10	0,08	0,20
TR. SUB. 5%. A	6,50	7,10	5,90	6,80	0,18	0,30
TR. SUB. 10%. A	7,50	3,60	4,40	4,00	0,32	0,40

Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 14: Dados de resistência a flexão 7 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	9,80	9,40	9,70	9,63	0,04	0,17
TR. SUB. 5%.C	6,50	7,10	5,50	6,80	0,18	0,30
TR. SUB. 10%.C	6,60	6,50	7,00	6,70	0,07	0,22
TR. SUB. 5%. A	7,50	7,20	4,10	7,35	0,04	0,15
TR. SUB. 10%. A	8,60	8,00	7,30	7,97	0,18	0,30

Fonte: AUTOR (2019)

Tabela 15: Dados de resistência a flexão 28 dias

TRAÇO	CP 1	CP 2	CP 3	MÉDIA	VARIÂNCIA	DV
TR. BASE	10,40	10,70	10,90	10,67	0,06	0,21
TR. SUB. 5%.C	8,10	7,90	9,90	8,00	0,02	0,10
TR. SUB. 10%.C	6,90	6,50	6,40	6,60	0,07	0,22
TR. SUB. 5%. A	9,50	9,20	9,40	9,37	0,02	0,12
TR. SUB. 10%. A	9,70	9,30	9,40	9,47	0,04	0,17

Fonte: AUTOR (2019)

As tabelas acima estão dispostas os valores dos ensaios flexão rompido nas idades 3, 7 e 28 dias, conforme já citado.

Conforme apresentado, para todos os traços nas 3 idades estudadas foram desenvolvidos 3 corpos de provas, afim de selecionar dados com maior similaridade.

Analisando-se a variação e desvio padrão das amostras de cada idade, pode-se verificar que os resultados apresentaram-se pouca dispersão, está características ocorre, pelo fato da argamassa autonivelante se auto nivelar na hora confecção dos corpos de provas. Com isto, o corpo de prova é confeccionado com menor índice de vazios, obtendo então pouca dispersão nos dados.

4.8 PROTÓTIPO

Conforme foi citado, o desenvolvimento do protótipo teve como intuito simular a aplicação da argamassa autonivelante em um substrato, a fim de julgar suas características que a mesma apresentar.

Figura 33: Protótipos dos traços de substituição de cimento e agregado miúdo por CCA



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 34: Protótipo do traço base



Fonte: AUTOR (2019)

Conforme as imagens acima, estão exemplificados os protótipos desenvolvidos de cada traço em estudo.

Em primeira análise, pode-se perceber que os traços com substituição de 10% apresentaram uma argamassa escura. Isto Pois, a cinza adicionada apresentava uma coloração escura.

Outros análise importante foi que as substituições de 10% apresentaram na superfície do protótipo partículas de cinzas. Esta característica pode ter ocorrido, pois a quantidade de cinza no composto quando comparado ao traço de 5% foi maior, isto resultou numa argamassa com maior teor finos e maior dificuldade na homogeneização do composto. Além disto, pode ter ocorrido na hora em que a argamassa se auto adensou, onde ocorreu o acomodamento das partículas do composto, resultando partículas soltas de cinza na superfície no estado endurecido.



**FRAGMENTOS DE
CINZA**

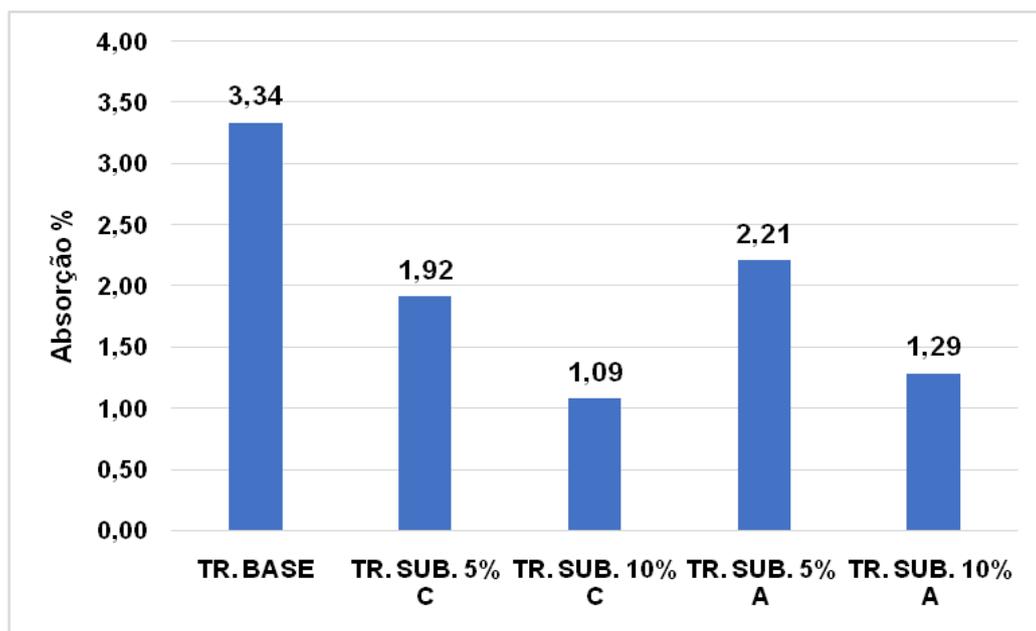
Para os traços com substituição de 5%, os mesmos também apresentaram fragmentos de cinza sobre a superfície do protótipo. No entanto a quantidade de fragmento foi bem menor quando comparado com os traços de 10%.

Outra característica observada foi que todos os protótipos não apresentaram fissuras, e nem exposição de poros mantendo-se uniforme em toda superfície.

4.9 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Como apresenta o gráfico abaixo, estes foram os resultados do ensaio de absorção de água por imersão, dos traços confeccionados na pesquisa.

Gráfico 3: Ensaio de absorção de água



Fonte: AUTOR (2019)

Para a realização do ensaio, todos os corpos de provas estavam na mesma idade de 28 dias.

Pode-se ressaltar que, o teor de absorção de água dos traços com cinzas apresentou uma diminuição da absorção de água quando comparados com o traço base. Além disso, foi verificado que para os traços com substituição de 10% os mesmos apresentaram absorção de água menor quando comparados com os traços de 5%.

Esta característica pode ter ocorrido, pelo fato de ocorrer maior quantidade de finos inseridos no composto.

5 CONCLUSÃO

Para a caracterização da cinza, a ensaio de massa específica resultou em 2,15 g/cm³. Além disto, foi realizado o ensaio de reatividade pozolânica, onde foi concluído que a cinza em estudo não apresentava reatividade pozolânica, pelo fato de ocorrer a perda da condutividade elétrica na média que aumentou o tempo de exposição da cinza da solução de hidróxido de cálcio.

Para o agregado miúdo foram realizados inicialmente o ensaio de granulometria, no que resultou em uma areia fina com modulo de finura e diâmetro do agregado de 1,91% e 1,2 Ø. Além disto, foram feitos os ensaios de massa específicas, massa unitária e teor de materiais pulverulentos, no que obteve os seguintes valores, 2,65 g/cm³, 1,66 g/cm³ e 1,64%.

Para o aglomerante, sua caracterização obteve os seguintes resultados, massa específica 3,09 g/cm³, índice de finura 2,10 % e tempo de início e fim de pega de 2H45 e 3H50.

A confecção da argamassa autonivelante foi analisada quanto ao espalhamento, resultados de resistência a compressão e resistência a tração na flexão aos 28 dias.

Os espalhamentos dos traços apresentaram todos dentro do limite estipulado de 24 a 27 cm, onde não houve características de exsudação e nem segregação. Além disto os traços apresentaram pouca descontinuidade em suas bordas.

Para os ensaios de compressão, os traços com substituições de 5% e 10% dos agregados apresentaram melhores valores quando comparados com os traços de substituição do cimento.

Além disto, apenas o traço com substituição de 10% de cimento não obteve valores médio finais dentro do limite estipulado para o traço base de 25 a 35 MPa.

Para o ensaio de tração na flexão, os resultados apresentaram com características semelhantes ao do ensaio de resistência a compressão. Contudo, apenas o traço com substituição do cimento de 10% novamente o mesmo não obteve resultados médios finais dentro do limite estipulados para o traço base de 8 a 11 MPa.

Foi verificado que os resultados dos ensaios obteram queda após o aumento da cinza no composto da argamassa, onde, resultados da substituição de 5% foram maiores que resultados da substituição 10%, verificando-se que maior quantidade de cinza no composto resulta em queda nos resultados.

Nos protótipos, foi evidenciado que os traços de 10% resultaram em um protótipo com características mais escuras, dando-se pelo fato, da cinza utilizada apresentar um alto teor de carbono. Além disto, os devidos protótipos no estado endurecido apresentaram-se partículas de cinza sobre a superfície, destacando-se que a utilização de maior quantidade de cinza pode gerar problemas de homogeneidade em entre a argamassa e a cinza aplicada.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante das análises dos dados obtidos, foram verificadas possibilidades que possam aprimorar futuras pesquisas.

- Realização de traço base com adição de filler, para a possibilidade da aplicação da cinza como adição no composto da argamassa autonivelante.
- Analisar a viabilidade econômica que a cinza possa gerar na redução do cimento ou do agregado, isto pelo fato da cinza ser um resíduo industrial sem obtenção de destinação final.
- Trabalhar com substituições maiores a fim de utilizar maior quantidade do resíduo no composto.
- Realizar ensaio de arrancamento para a verificação da aderência entre o substrato e argamassa confeccionada.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto: lombada: elaboração. Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

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

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. ABNT. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 11579:2013**: Cimento Portland- Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (n° 200).

_____. **NBR 16607:2017**: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega

_____. **ABNT NBR NM 52:2009**: Agregado miúdo- Determinação de massa específica e massa específica aparente

_____. **NBR NM 45:2006**: Agregado miúdo- Determinação da massa unitária e do volume de vazios.

_____. **NM 248:2003**: Agregado miúdo- Determinação da composição granulométrica NBR.

_____. **ABNT NBR NM 16605:2017**: Cimento Portland e outros materiais em pó- Determinação de massa específica.

_____. **NBR 13276:2016**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência

_____. **NBR 13279:2005**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

_____. **NBR NM 46:2003**: Agregado- Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem.

_____. **NBR NM 9778:2009**: Argamassas e concretos- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício e seu acabamento**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2006. 96 p.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Concreto**. 2002. 24 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Campinas-SP, 2002.

BAUER, L.a. Falcão. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. 5. ed. Uberlândia-mg: Ltc, 2000. 490 p.

BOLONHA, R, D. O. Chapisco bom ai. Blog construir, 2014. Disponível em: <<http://blog.construir.arq.br/category/acabamentos/restimentos-para-parede/>>. Acesso em 23 ago.2018. IL.COLOR.

BRASILEIRA, Luzana Leite. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Piauí: 1centro de Tecnologia - Ct, 2centro de Ciências da Natureza - Ccn, Departamento de Química, Limav, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Pi, 64049-550 Luzanaleite@hotmail.com, Jmematos@ufpi.edu.br, 2015. 178 p.

BREITENBACH, Silvia Becher. **DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSA PARA RESTAURAÇÃO UTILIZANDO RESÍDUO DO POLIMENTO DO PORCELANATO**.2013. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Ciências Exatas e da Terra, Rio Grande do Norte, 2013.

BARDANO, Bruno Marques Machado; GOMES, Rafael de Carvalho. **Potencial de Aproveitamento de Fontes Secundárias para Terras-Raras: Resíduos industriais**. Rio de Janeiro: Conselho Editorial, 2015.

Brasil. (03 de setembro de 2010). Lei N° 13205/2010. **POLICADA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

CICHINELLI Gisele. **Construção Passo a Passo** [Livro]. – São Paulo: Pini, 2009.

CASSA, José Clodoaldo Silva. **RECICLAGEM DE ENTULHO PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**.Salvador: Editora Ufpa, 2001. 311 p.

CHANDRASEKHAR, S.; PRAMADA, P. N.; RAGHAVAN, P (2002). **Micro-silica from rice husk as a possible substitute for condensed silica fume for high performance concrete.** Journal of Materials Science Letters, v.21, p. 1245-1247.

DINIZ, Juraci. **CONVERSÃO TÉRMICA DE CASCA DE ARROZ Á BAIXA TEMPERATURA: PRODUÇÃO DE BIOÓLEO E RESÍDUO SILICO-CARBONOSO ADSORVENTE.** 2005. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria -RS, 2005.

ECONÔMICAS, E. Agência IBGE. **Em janeiro, IBGE prevê safra 6,0% inferior á de 2017,** 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/199442-em-janeiro-ibge-preve-safra-6-0-inferior-a-de-2017.html>. Acesso em: 10abr.2018.

EFNARC – **European Federation for Specialist Construction and Concrete Systems. Specification and guidelines for self-compacting concrete.**In, EFNARC, 2002.

FERNANDES, Fernando. **CONTROLE DA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ: OTIMIZAÇÃO DA QUEIMA E REDUÇÃO DA CINZA GERADA.** 2014. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do S, Cuiba, 2014.

FOLETTTO, Edson Luiz; HOFFMANN, Ronaldo; HOFFMANN, Rejane Scopel. **APLICABILIDADE DAS CINZAS DA CASCA DE ARROZ.** Web, Santa Maria - RS, p.1-6, 10 abr. 2005.

FUSCO, Péricles Brasiense. **Tecnologia do Concreto Estrutural: Tópicos Aplicados.** São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008. 184 p.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T. **NOVAS TENDÊNCIAS PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS CONTENDO ESPÉCIES ORGANOCOLORADAS.** Instituto de Química. Curitiba, p. 1-8. 22 set. 2000.

GEORGIN, J.F.; AMBROISE, J.; PÉRA, J.; REYNOUARD, J.M. **Development of selflevelingscreed based on calcium sulfoaluminate cement: Modelling of curling due todrying.** Cement& Concrete Composites, v.30, p. 769-778, 2008.

HELENE, Paulo; Andrade, Tibério. **Concreto de Cimento Portland.** 2010. 40 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

KATSIADRAMIS, A.B.; SOTIROPOULOU; PANDERMARAKIS, Z.G. **Rheological and Mechanical Response Modifications for a Self-Leveling Mortar.** EPJ Web ofConferences 6, 23002, 2010

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **A questão ambiental e os resíduos industriais**. 2005. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, XxvEnegep, Porto Alegre -rs, 2005.

LOPES, Luciana. **GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-fflch, São Paulo, 2006.

LIMA, André Barbosa de. **O PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO PORTLAND**. 2011. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LEAL JÚNIOR, Jânio Soares. **CONTRAPISO AUTONIVELANTE COM ADIÇÃO DE RCD (RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO)**. 2017. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas (ceulp/ulbra)., Palmas, 2017.

MISSAU, Fabio. **PENETRAÇÃO DE CLORETOS EM CONCRETOS COMPOSTOS COM DIFERENTES TEORES DE CINZA DE CASCA DE ARROZ**. 2004. 146 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria -RS, 2004.

MARTINS, Eliziane Jubanski. **PROCEDIMENTO PARA DOSAGEM DE PASTAS PARA ARGAMASSA AUTO-NIVELANTE**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2009.

MEHTA, P. KUMAR; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto- estrutura, Propriedades e Materiais**. Ed. Pini. São Paulo, 1994. 1º ed. 573p.

MILITO, José Antonio de. **TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. Campinas-sp: Pini, 2000. 303 p.

NOTÍCIAS, A P. D. Atitude portal de notícias. **Com produção prevista de 577 mil t inicia colheita de arroz no Tocantins**, 2015. Disponível em : <http://www.atitude.com.br/com-produção-prevista-de-577-mil-inicia-colheita-de-arroz-no-tocantins/>. Acesso em: 28 jul.2018.IL. COLOR.

NÓBREGA, Andreza Kelly Costa. **Formulação de pastas cimentícias com adição de suspensões de quitosana para cimentação de poços de petróleo**. 2009. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-rn, 2009.

NAKAKURA, Elza Hissae. **PISOS AUTONIVELANTES. PROPRIEDADES E INSTALAÇÃO**. 1997. 12 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, CepedEpuFbaUcsalUefs, Salvador - Ba, 1997.

POUEY, Maria Tereza Fernandes. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas á produção de cimento composto e/ ou pozolânico**. 2006. 345 f.

Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do S, Porto Alegre, 2006.

PERIUS, G. R. INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS RECICLADOS SOBRE A RETRAÇÃO POR SECAGEM EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL. Florianópolis (SC), 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

PELIZER, Lúcia Helena; PONTIERI, Márcia Helena; MORAES, Iracema de Oliveira. **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGRO-INDUSTRIAIS EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS COMO PERSPECTIVA DE REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL.** *Journal Of Technology Management & Innovation*. São Paulo, p. 1-10. 03 mar. 2007.

RUBIN, Ariane Prevedello. **ARGAMASSAS AUTONIVELANTES INDUSTRIALIZADAS PARA CONTAPISO: ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO FRENTE ÀS ARGAMASSAS DOSADAS EM OBRA.** 2015. 207 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do S, Porto Alegre, 2015.

RODRIGUES, Conrado de Souza. **Efeito da adição de cinza de casca de arroz no comportamento de compósitos cimentícios reforçados por polpa de bambu.** 2004. 265 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RODRIGUES, Michelle Santos. **AVALIAÇÃO DE CINZAS DE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E SUA UTILIZAÇÃO COMO ADIÇÃO MINERAL EM MATRIZES CIMENTÍCIAS.** 2012. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas-SP, 2012.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **ENSAIO DE ADERÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO.** 2008. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, Sarah Honorato Lopes da. **DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÕES DE ARGAMASSAS AUTONIVELANTES PARA PISOS E AVALIAÇÃO DA RETRAÇÃO POR SECAGEM.** 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil – Ppgecc, Curitiba, 2016.

SUSTAINABLE CARBON CLIMATE SOLUTIONS. **Sustentabilidade da Cerâmica Santorini é destaque em revista de Minas Gerais**, 2009. Disponível em: <https://carbonosustentavelbrasil.wordpress.com/page/24/>. Acesso em: 28 jul. 2018. IL. COLOR.

SANTOS, Silva. **ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ RESIDUAL EM ARGAMASSA E CONCRETOS.** 1997. 129 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

TASHIMA, Mauro Mitsuuchi. **Cinza de Casca de Arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland**. 2006. 81 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira -SP, 2006.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpenadal. **Concreto Auto-Adensável**. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008. 148 p.

TRINDADE, Fábio Maciel de Oliveira da. **PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS COM DIFERENTES CIMENTOS PORTLAND E COM CINZA DE CASCA DE ARROZ NATURAL E MOÍDA**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2012.

TRINDADE, Guilherme Höehr. **DURABILIDADE DO CONCRETO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ NATURAL SEM MOAGEM: MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-SÍLICA E PENETRAÇÃO DE CLORETOS**. 2011. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria -RS, 2011.