



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

ROSEVÂNIA VELOSO BARBOSA

**AGREGADOS ALTERNATIVOS NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS PARA
REVESTIMENTO DE INSTALAÇÕES ZOOTÉCNICAS**

**AREIA
2018**

ROSEVÂNIA VELOSO BARBOSA

**AGREGADOS ALTERNATIVOS NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS PARA
REVESTIMENTO DE INSTALAÇÕES ZOOTÉCNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
na Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Fernandes
de Melo Lopes.

**AREIA
2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B238a Barbosa, Rosevania Veloso.

AGREGADOS ALTERNATIVOS NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS PARA
O REVESTIMENTO DE INSTALAÇÕES ZOOTÉCNICAS / Rosevania
Veloso Barbosa. - João Pessoa, 2018.
42f. : il.

Orientação: Fernanda Fernandes de Melo Lopes.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Argamassa alternativa, resíduos, desempenho térmico.
I. Lopes, Fernanda Fernandes de Melo. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

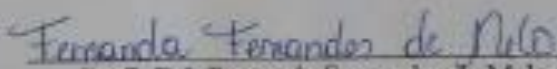
DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

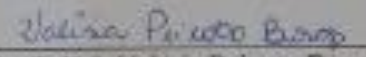
Aprovada em 29/11/2018.

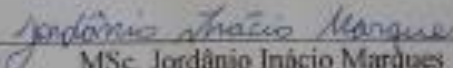
**"AGREGADOS ALTERNATIVOS NA ELABORAÇÃO DE
ARGAMASSAS PARA O REVESTIMENTO DE INSTALAÇÕES
ZOOTÉCNICAS"**

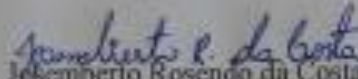
Autora: **ROSEVÂNIA VELOSO BARBOSA**

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Fernanda Fernandes de Melo
Orientador


Prof. Dr. Valéria Peixoto Borges
Examinadora – DSER/UFPB


MSc. Jordânio Inácio Marques
Examinador – PPGEA/UFCG


José Roberto Rosendo da Costa
Secretário do Curso


Prof. Adriana Evangelista Rodrigues
Coordenadora do Curso

A minha filha Valentina, pelo o amor incondicional, e
toda luz que trouxe para minha vida, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a ti, que és minha fortaleza onde tudo posso, **Deus** maravilhoso que mesmo nos momentos mais inóspitos da minha vida, até mesmo quando já não acreditava mais em nada, tu mim carregavas, não sei o que fiz para merecer tanto de tua parte, como és maravilhoso! Me deste até o que eu não pedi, porque sabias que eu precisava, toda forma de agradecimento é pouco perto de tudo que fazes por mim. Agradeço ao mestre Jesus Cristo pela luz que propagas na minha vida, ensinamentos e amor, pelas mensagens e prova de tua existência viva em meu ser. Ao meu anjo de Guarda, mentores e seres de luz, sei que dou muito trabalho pra vocês, me aguentar não é fácil, sei que sou teimosa e mesmo assim nunca desistiram de mim, obrigada por me ouvir, aconselhar, obrigada pelas palavras de conforto, e por falar o que eu precisava ouvir e não o que eu queria, obrigada pelos puxões de orelhas, se sou o que sou é porque vocês me ajudam com muita orientação, compaixão e amor.

Aos meus pais, Marizete e Raimundo pela compreensão e dedicação durante toda a vida. Obrigada mainha e pai, vocês sempre serão minha referência, agradeço primeiramente por ter mim colocado no mundo, por permitir que eu pudesse estar aqui novamente e tentar ser uma pessoa melhor, sei que pra vocês não dei muito trabalho, sempre fui uma filha que gosta de estar com a família, nunca gostei de festas, más por outro lado sou muito chata e brava (puxei a senhora mainha kkkk), a senhora mim ensinou tanto, e ainda ensina sempre nos dizia “não brigue com ninguém na escola, mas se chegar apanhado, apanha de novo”, nunca esqueci essa frase, é sua cara, além de mim defender a senhora me ensinou a ter compaixão pelos os outros, sempre tão bondosa nunca mediu esforços pra ajudar os outros, ajudava até quem não merecia, você é maravilhosa Dona Marizete. Pai, o que dizer do senhor, sempre tratou os filhos com tanto carinho, só tenho a agradecer ao senhor, um homem digno, trabalhador, não lembro de você reclamando da vida, para você não tem tempo ruim, eu não poderia querer outro pai, você é especial.

À professora Fernanda por ter aceitado me orientar, pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação. Desde que à conheci passei a admirar, a professora, a pessoa, a mulher de fibra, inteligente e muito humana é assim que a vejo, sempre tão atenciosa e pronta para ajudar, nunca a vi de mau humor, nem estressada, só de olhar para ela percebemos o quanto ela é organizada, educada e gentil. Obrigada por tudo professora Fernanda saiba que és muito querida.

À minha avó Teresinha (in memória), que este ano nos deixou para ir morar com Deus, obrigada vó pelas conversas no sofá da sala, pelas sábias palavras, pela goiabada com bolachas que nunca faltava, sentirei saudades.

À Wellington, se não fosse por ele não teria realizado a matrícula no curso, sendo ele o maior responsável pela inserção no curso de Zootecnia, obrigada querido por tudo, até aqui foram muitos momentos juntos, muitos maravilhosos outros nem tanto, 10 anos de relacionamento e uma filha maravilhosa, nossa Valentina, esse ano foi muito especial para nós, me recordo de uma frase da música de Roberto Carlos “...se chorei ou se sofri o importante é que emoções eu vivi.” Vivemos muitas emoções, mas nem uma foi tão especial como o dia 23/05/2018 (nascimento da nossa filha), agradeço a Deus os dias por você ser o pai dela, obrigada por ter compartilhado esse dia comigo, você era a única pessoa que eu queria do meu lado naquele momento.

Aos meus irmãos Patrícia, Renato, Rosivaldo e Rayk que mesmo longe nunca deixaram de mim incentivar e de estar ao meu lado em todos os momentos que precisei, vocês são minha fortaleza, não sei como seria minha vida se não fosse vocês, ter irmãos é a melhor coisa do mundo, amo cada detalhe de suas personalidades, são diferentes na medida certa, já brigamos muito quando crianças, hoje não tem mais graça brigar com vocês, principalmente com Renato, se antes já batia em mim imagine agora, nunca esqueci que você me ralou no muro chapiscado, kkkk... Mas faz tanto tempo, hoje está cada um no seu canto com seus filhos! Como o tempo passa rápido, como a gente cresceu, sinto saudade da nossa infância, que foi tão boa, mas ao mesmo tempo acho que cumpri nosso papel, evoluímos bastante até aqui, espero que continuemos assim, um cuidando do outro sempre. AMO VOCÊS.

Aos meus sobrinhos lindos Ana Sophia, Théo e Davi, que mim socorriam nos momentos que não aguentava mais estar longe, essas figurinhas, principalmente Ana Sophia, a primeira neta tão esperada tão desejada a netinha linda de titia, como eu te amo meu amor, com senti tua falta quando estava longe, você é tão maravilhosa, tão perfeita...já Théo é totalmente o oposto, o branquinho de cachinhos dourados, o primeiro homenzinho, era tão pequeno quando nasceu, o grude de vovó, lindo, inteligente (puxou a mãe), deu tanto trabalho pra tomar mamadeira, vovó quase fica doida... E Davi, o super precoce que até ontem era o caçulinha, sapequinha, tem a cabeça mais cheirosa desse mundo, só não pega o sol porque não alcança, sem vergonha, ele veio com uma pilha reserva carregada eternamente, kkkk, pura energia, amo muito vocês meus pequenos lindos.

À Pedro e Ivanilda, pelo apoio, por fazerem por mim o que fariam para seus filhos, sou muito grata a vocês por tudo. Fico tão feliz por Valentina ter avôs que a amam tanto, vocês são como anjos que Deus enviou para nossas vidas, sou muito grata pela oportunidade de ter conhecido pessoas tão maravilhosas como vocês.

À Turma Prodígio nas figuras de Ana Cecilia, Gabriel, Geni, Igor, Ryan e Thiago pela irmandade durante todo esse tempo de curso, com certeza nossa amizade é para a vida toda. Vocês são mais do que amigos, durante esse tempo nos tornamos uma verdadeira família, se fosse para falar de cada um de vocês individualmente um livro talvez não fosse suficiente, meus sinceros agradecimentos, sempre terão um lugar muito especial no meu coração.

Aos professores do Curso e funcionários que fazem da UFPB, campus de Areia, nossa segunda casa, meu muito obrigada por compartilhar comigo tantos momentos importantes da minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Por último mais não menos importante gostaria de agradecer a coordenação do curso de Zootecnia, nas pessoas da Prof^a. Dra Adriana Rodrigues Evangelista, Coordenadora e da Prof^a. Dra Juliana Silva Oliveira, Vice - Coordenadora e do Técnico Josemberto que não mediram esforços para ajudar no que fosse necessário.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

Madre Tereza de Calcutá

RESUMO

O desenvolvimento de argamassas com o uso de materiais não convencionais vem sendo objeto de estudos, principalmente no que se refere a busca por novas técnicas de fabricação e aplicações que viabilizem a sua utilização. Esse trabalho apresenta como objetivo a avaliação do comportamento de argamassas térmicas elaboradas com a utilização de materiais alternativos em substituição parcial a areia, nas proporções de 10 e 15%. Foram utilizadas incorporações de resíduos de vermiculita, minerais (mica e quartzo) e PET e comparados com uma testemunha feita com argamassa convencional. As argamassas foram confeccionadas na forma de placas retangulares medindo 30cm de comprimento, 15cm de largura e 20mm de espessura. O comportamento térmico das diferentes placas produzidas foi analisado através das temperaturas registradas nas suas faces superior e inferior. A coleta dos dados foi feita utilizando-se sensores interligados a um micro controlador do tipo (Arduíno®), que mediram suas temperaturas a cada 5 minutos e armazenavam em um cartão de memória. O experimento apresentou dois períodos experimentais com 7 dias cada. Os resultados mostraram que as argamassas com 10% de resíduos tiveram comportamento semelhante, no entanto, na placa com minerais detectou-se a menor temperatura na face superior, já na face inferior o resultado foi parecido com as demais mostrando que o material é um bom condutor térmico, sendo este o tratamento mais insatisfatório quanto a absorção da energia. Quanto as substituições com 15%, os maiores gradientes térmicos foram nas placas com PET e Minerais.

Palavras-Chave: Argamassa alternativa, resíduos, desempenho térmico.

ABSTRACT

The development of mortars with the use of non-conventional materials has been the object of studies, mainly regarding the search for new manufacturing techniques and applications that make feasible its use. This work presents as objective the evaluation of the behavior of thermal mortars made with the use of alternative materials in partial sand substitution, in the proportions of 10 and 15%. Incorporations of vermiculite, mineral (mica and quartz) and PET residues were compared to a conventional mortar. The mortar plates were molded in rectangular shape measuring 30cm of length, 15cm of width and 20mm of thickness. The thermal behavior of the different plates produced was analyzed by the temperatures recorded on their upper and lower faces. The data were collected using sensors connected to a microcontroller of the type (Arduino®), which measured their temperatures every 5 minutes and stored on a memory card. The experiment presented two experimental periods with 7 days each. The results showed that the mortars with 10% of residues had similar behavior, however, in the plate with minerals the lower temperature was detected in the upper face, and in the lower face the result was similar to the others showing that the material is a good thermal conductor, which is the most unsatisfactory treatment for energy absorption. Regarding the substitutions with 15%, the highest thermal gradients were in the plates with PET and Minerals.

Keywords: Alternative mortar, residues, thermal performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Vermiculita natural (N) e processadas (P)	20
Figura 2.	Elaboração das placas de argamassa. A) mistura dos materiais, B) amassamento da mistura, C) moldagem da placa e D) placas prontas e fixadas.....	22
Figura 3.	Sistema de coleta de dados. A) Arduino®, B) Sensor de temperatura.....	23
Figura 4.	Estação Meteorológica de Areia.....	24
Figura 5.	Disposição das placas em suporte de canos PVC.....	24
Figura 6.	Comportamento da temperatura nas argamassas produzidas com incorporação de 10% de resíduo e testemunha nas faces superior (A) e inferior (B). Temperatura ambiente (TA), resíduo de minerais (MI), PET (P), vermiculita (V) e testemunha (T).....	29
Figura 7.	Representação gráfica dos gradientes térmicos das placas Testemunha, PET, Vermiculita e Minerais com 10% de substituição.....	30
Figura 8.	Comportamento da temperatura nas argamassas produzidas com incorporação de 15% de resíduo e testemunha nas faces superior (A) e inferior (B). Temperatura ambiente (TA), resíduo de minerais (MI), PET (P), vermiculita (V) e testemunha (T)	32
Figura 9.	Representação gráfica dos gradientes térmicos das placas Testemunha, PET, Vermiculita e Minerais com 15% de substituição.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Área impactada no município de Santa Luzia/PB na exploração da vermiculita.....	19
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Propriedades térmicas de alguns materiais utilizados na elaboração de argamassas	18
Tabela 2.	Relação das quantidades dos materiais utilizados para a elaboração das placas de argamassa.....	22
Tabela 3.	Análise granulométrica dos agregados convencional e alternativos utilizados na elaboração das argamassas.....	25
Tabela 4.	Valores médios das temperaturas superior e inferior e do gradiente térmico das placas com substituição a 10% e testemunha, entre 12 e 13h.....	35
Tabela 5.	Valores médios das temperaturas superior e inferior e do gradiente térmico das placas com substituição a 15% e testemunha entre 12 e 13h.....	36

.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CP	Cimento Portland
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
ICMM	Conselho Internacional de Mineração e metais
M10	Placa com Minerais 10%
M15	Placa com Minerais 15%
NBR	Norma Brasileira
PB	Paraíba
PET	Politereftalato de Etileno
P10	Placa de PET 10%
PTE	Placa Testemunha
PVE	Placa Vermiculita
PMI	Placa Minerais
PPE	Placa PET
PVC	Policloreto de Vinil
T	Testemunha
TA	Temperatura do ar
TS	Temperatura superior
TI	Temperatura Inferior
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
V10	Placa de Vermiculita 10%
V15	Placa de Vermiculita 15%

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- ® Marca Registrada

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	15
2.OBJETIVOS.....	16
2.1GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Argamassa: Conceitos e Funções	16
3.2 Argamassas Térmicas	17
3.2.1 Argamassas Térmicas Comerciais	17
3.2.2 Propriedades térmicas dos materiais	18
3.3 Argamassas alternativas.....	19
3.4 Agregados Alternativos	19
4 . MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Caracterização dos materiais utilizados	22
4.2. Elaboração das Placas de Argamassa	22
4.3. Sistema para coleta de dados.	24
5.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	25
6. ANÁLISE DOS DADOS	25
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7.1 Caracterização dos agregados	26
7.2 Comportamento Térmico das Argamassas	27
7.3 Análise estatística dos dados.....	34
8. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O tema bem-estar animal vem recebendo crescente atenção nos meios técnicos, científicos e acadêmicos. Juntamente com as questões ambientais e segurança alimentar, o bem-estar animal tem sido considerado entre os três maiores desafios confrontando a agricultura nos últimos anos (ROLLIN, 1995). Com a industrialização da agricultura, os métodos de produção mudaram radicalmente, relevando uma preocupação quase que exclusiva com o desempenho quantitativo dos animais. Hurnik (1992), definiu bem-estar animal com sendo “o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições física e fisiológica ótimas e alta qualidade de vida dos animais”.

De acordo com o ICMM (2006) há uma crescente preocupação da sociedade com os passivos ambientais das atividades minerais, e o potencial para impactos significativos é maior quando a mineração ocorre em áreas remotas, ambientalmente ou socialmente sensíveis. E ainda, tem sido observado um aumento da atividade extrativa mineral em ecossistemas remotos e ricos em biodiversidade, em função da contínua demanda por minerais, da diminuição dos recursos em áreas mais acessíveis, somado às mudanças tecnológicas e econômicas no setor de mineração.

Pode-se observar ainda que uma ampla variedade de resíduos pode substituir os materiais convencionais aplicados na elaboração de argamassas e concretos na construção civil. Diante disso, o desenvolvimento de pesquisas que levem em consideração o estudo da inter-relação entre as características térmicas dos materiais e o conforto que estes podem proporcionar pode ser uma alternativa no consumo desses resíduos.

A expectativa com a inclusão dos materiais não convencionais ou alternativos está na possibilidade da melhoria do desempenho térmico, na redução das patologias e, conseqüentemente, no aumento da durabilidade das argamassas produzidas aliados ao conforto e bem-estar animal bem como no consumo de resíduos produzidos pela construção civil e mineração.

Quando se trata de instalações para animais, as dificuldades econômicas e crises comuns tornaram obrigatória a racionalização do empreendimento para atingir um nível satisfatório de rentabilidade, os fatores que contribuíram para aumento da produtividade, destacam-se o manejo intimamente ligado às instalações bem planejadas e executadas, que reduzem os custos de produção (SALTOR et al, 2004).

2.OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar isolamento térmico fornecido pelas argamassas de revestimento a partir da incorporação de Vermiculita, PET e Silicatos em substituição parcial à areia natural.

2.2 Específicos

- Analisar o teor de incorporação dos materiais não convencionais como o politereftalado de etileno (PET), vermiculita expandida e microcristais silicosos em substituição parcial à areia natural.
- Avaliar a o fluxo térmico das argamassas produzidas com diferentes proporções de materiais alternativos.
- Determinar qual percentual de substituição da areia natural por agregado alternativo promove o aumento do isolamento térmico da argamassa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Argamassa: Conceitos e Funções

Segundo Carasek (2007) as argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

Quanto as funções das argamassas de revestimento, Recena (2012) relata que devem ser empregadas no revestimento de alvenarias em paredes, em muros ou de estruturas de concreto armado. Diz ainda que deverão apresentar adequada resistência de aderência ao substrato, além de contribuir para o isolamento termo acústico, contribuir em grande escala para a impermeabilidade e assumindo importância fundamental no fator estético das edificações.

De acordo com Carasek (2007), as principais funções de um revestimento são: proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso de revestimentos externos; integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico (~30%), isolamento acústica (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais; regularizar a

superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

A NBR 13749 (ABNT, 1996) destaca que o revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerâncias admitidas.

3.2 Argamassas Térmicas

De acordo com Correa (2014), argamassa térmica é definida como sendo uma mistura de um ou mais ligantes de natureza diversa, agregados (normalmente leves) e adições, diferenciados consoante e suporte, o tipo de aplicação e o desempenho desejado.

Apresentam eficiência térmica elevada, podendo ser aplicadas por projeção mecânica, apresentam isolamento com elevada resistência ao choque, elevado desempenho no comportamento face ao fogo, aplicável em interior e exterior, moldável a qualquer forma arquitetônica, fácil aplicação, boa permeabilidade ao vapor de água, versatilidade de acabamento, incrementa também características acústicas e aplicável em obra nova ou em reabilitação (CORREA, 2014).

3.2.1 Argamassas Térmicas Comerciais

As argamassas industrializadas apresentam em suas composições aditivos e adições que lhes conferem propriedades especiais. Esses aditivos podem ser plastificantes, retentores de água e incorporadores de ar. São comercializadas como pré misturadas, ensacadas (em estado anidro), necessitando para utilização apenas uma dosagem adequada de água. (FERREIRA, 2010).

Gonçalves et al. (2012) trabalharam no desenvolvimento de uma argamassa térmica para revestimento de paredes que pretende contribuir para o cumprimento do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), visando resistência mecânica superficial, contribuindo para a melhoria da segurança contra incêndios, através de uma solução altamente versátil sob o ponto de vista dos processos de aplicação. Além de melhoria da durabilidade tanto do sistema de isolante térmico em si, como no restante dos elementos construtivos e também contribuindo para a melhoria na sustentabilidade da construção.

3.2.2 Propriedades térmicas dos materiais

As características de cada material são de vital importância para determinar sua melhor aplicação, e entre as principais podem ser citadas as que definem as propriedades térmicas, como a dilatação térmica, o calor específico e a condutividade térmica.

De acordo com Sanger (2012), as propriedades térmicas mais importantes são: a dilatação ou expansão térmica, condutividade térmica, calor específico e a resistência ao choque térmico.

“Condutividade térmica caracteriza-se como a transferência de energia por meio das partículas mais energizadas da substância para as partículas menos energizadas, o que resulta em uma interação entre as partículas, a qual pode ocorrer em sólidos, líquidos e gases .”(ÇENGEL, 2014).

“A dilatação térmica é a variação das dimensões de um material, causada pela mudança de temperatura.”(COSTA,2017)

“Resistência é a entidade que mede o quão eficaz ele é em reduzir a troca de calor: quanto maior for a resistência térmica, melhor é o isolante térmico.”(BIANCHI,2014)

“o calor específico e a quantidade de calor que deve ser transferida a 1g de uma substancia para que a sua temperatura seja elevada em 1°C.”(SILVA et al, 2013)

A NBR 15220 (2002), apresenta algumas propriedades térmicas dos materiais de construção. De acordo referida norma, a condutividade térmica (Tabela 1) pode ser considerada como propriedade intrínseca dos materiais. Podendo ser a condutividade térmica definida como o quociente do fluxo de calor pelo gradiente das temperaturas nos corpos-de-prova. A determinação da condutividade térmica por este método envolve a medição do gradiente de temperatura médio estabelecido sobre o corpo-de-prova, a partir de um certo fluxo de calor e em condições de regime permanente.

TABELA 1. Propriedades térmicas de alguns materiais utilizados na elaboração de argamassas.

Material	Condutividade térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))
Argamassa comum	1,15	1,00
Areia seca	0,30	2,09
Poliestireno expandido moldado	0,040	1,42
Vidro comum	1,00	0,84
Mica	-	-
Vidro de Quartzo	1,4	650
Vemiculita em flocos	0,068	0,835
PET	0,15	-
Ar parado	0,030	-

Fonte: Adaptado da NBR 15220 (2002).

3.3 Argamassas alternativas

Argamassas alternativas são aquelas que em sua composição um agregado convencional é substituído por outro material que normalmente é de descarte, essas argamassas são produzidas com intuito de baratear o produto e de dar um destino adequado aos materiais que poluem o meio ambiente, além de ser uma forma de buscar novas tecnologias aplicáveis as construções de forma geral. A possibilidade de incorporação de resíduos em misturas à base de cimento é uma contribuição da construção civil para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição (MARQUES, 2006).

Golub & Silva (2017), observaram em seus experimentos, (aos quais utilizaram raspas de pneu), que o traço de argamassa que obteve maior redução da condutividade térmica, quando comparado ao traço convencional, foi a argamassa com 50% de adição de raspas de pneu, sendo esta diminuição representada por um percentual de 21,8%, já que a borracha é um mau condutor de calor, ou seja, um bom isolante térmico. No entanto Meneguini (2003), diz que a adição de resíduos de borracha pode comprometer a resistência mecânica à tração e à compressão, sendo que estas também são propriedades básicas para um bom desempenho de um revestimento de argamassa.

Topçu & Ganbaz (2004), utilizaram como material alternativo o vidro moído de cores diversas na confecção de concretos, com granulometria variando entre 4 e 16 mm em substituição parcial do agregado graúdo, nas porcentagens de 0%, 15%, 30%, 45% e 60%, com vistas a estudar seu efeito na trabalhabilidade e resistência do concreto.

3.4 Agregados Alternativos

- Politereftalato de Etileno (PET)

Nos últimos anos, resíduos plásticos de diferentes tipos foram triturados e utilizados em vários estudos como agregado leve em argamassa e concreto (MELLO, 2011).

Canellas (2005), analisou a possibilidade da utilização de flocos de PET reciclado como substitutos de agregados em argamassas. Substituiu os agregados por flocos nas proporções de 10%, 30% e 50%, onde a melhor substituição foi de 30%, não apresentando perdas significativas de plasticidade e resistência à compressão e à tração.

- Vermiculita

De acordo com CETEM (2008), a vermiculita é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro, com uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal. Na forma expandida, a vermiculita é quimicamente ativa, biologicamente inerte, além de possuir baixa densidade. No processo de Extração desse mineral as partículas muito pequenas são consideradas um subproduto, ou seja, não são comercializadas devido sua granulometria, sendo assim descartado no meio ambiente. Pelos dados contidos na Quadro 1 é possível observar o impacto ambiental bastante relevante ocorrido na região de Santa Luzia – PB, em 2011 e 2013.

Quadro 1. Área impactada no município de Santa Luzia/PB na exploração da vermiculita.

Ano	Área (m ²)	Volume (m ³)	Porcentagem (%)
2011	14.010,57	56.042,28	8%
2013	68.978,43	215.913,72	35%

Adaptado de Alencar et al. (2015).

A utilização da vermiculita expandida em argamassas tradicionais tem sido alvo de muitas pesquisas nos últimos anos devido a sua excelente característica de isolamento térmico (CINTRA et al, 2013).

Esse material esfoliado é usado na fabricação de freios automotivos, isolamento térmico de paredes e telhados, produtos da construção civil, rações para animais, horticultura e muitas outras aplicações industriais (DUPRÉ MINERALS, 2016).

Cintra e colaboradores (2013), obtiveram bons resultados com as argamassas com vermiculita quanto ao desempenho térmico, com valores de até 75% menores do que as

argamassas de referências. A vermiculita (Figura 1) se mostrou um componente com características compatíveis para ser usada nas argamassas para revestimento nas edificações.

FIGURA 1. Vermiculita natural (N) e processadas (P)



Fonte: www.dupreminerals.com

• 3.6. Minerais (Silicatos)

Estudos demonstram que a utilização de materiais alternativos como alguns tipos de minerais já vem sendo utilizado para compor as argamassas, substituindo parcialmente o agregado gráúdo (areia). Segundo Rezende (2007), relata que o revestimento em pó-de-pedra (ou pó de pedreira, como era conhecido), possuía argamassa com o traço 1:2 (cimento e pó de pedreira) em volume, e, geralmente, utilizava-se o pó de granito e acrescentava-se mica.

Tanner, (1994), afirma que a muscovita (mica) moída a úmido é utilizada em diversos produtos devido a suas propriedades de brilho, deslizamento e alta razão de aspecto, e quando incorporada ao papel as partículas brilhantes de muscovita fornecem um brilho sedoso, pode ser usada ainda como substrato no recobrimento de vários metais para obter o efeito perolizado.

4 . MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração das argamassas do experimento foram utilizados cimento Portland composto com adição de material pozzolânico, com classe de resistência 32MPa (CP II Z 32), e areia natural adotando-se o traço 1:3 com fator água/cimento (a/c) de 0,6. As argamassas térmicas produzidas foram fabricadas a partir da argamassa tradicional com a incorporação de resíduos de politereftalato de etileno - PET (polimérico), vermiculita expandida e microcristais de quartzo e mica (mineral). Os resíduos tiveram a função de substituir

parcialmente a areia natural, nas concentrações de 10 e 15% de substituição, visando um melhor desempenho térmico. Dessa forma, contabilizou-se seis tratamentos, sendo três (03) resíduos x dois (02) percentuais de substituição, e uma testemunha (argamassa tradicional).

4.1 Caracterização dos materiais utilizados

A areia utilizada no experimento foi extraída as margens do rio Paraíba na comunidade Vereda Grande, localizada no município da cidade de Barra de Santana, agreste paraibano.

A vermiculita incorporada nas argamassas foi obtida na Mineração Pedra Lavrada (Santa Luzia-PB), sendo considerada um subproduto, ou seja, o mesmo não é comercializado devido o pequeno tamanho das partículas.

O PET utilizado foi o do tipo micronizado, resultado da micronização do Politereftalato de etileno (PET), sendo um produto residual oriundo da indústria têxtil que utiliza PET como matéria prima para confecção de alguns produtos, caracterizado como sendo um pó branco e fino.

A mistura de micro cristais minerais (quartzo e mica) utilizada foi proveniente do município Picuí, sendo este um rejeito da indústria de mineração local, com descarte no ambiente sem qualquer tratamento.

O cimento Portland (CP) utilizado foi o PC II-Z-32 da fabricante Elizabeth, que leva, em sua composição, de 6 a 14% de pozolana, dando-lhe maior impermeabilidade, melhor desempenho em ambientes agressivos e menor calor de hidratação. É comercializado em embalagens de 50 kg.

A água utilizada foi proveniente da rede pública de abastecimento do município de Areia, fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA.

As análises granulométricas dos materiais residuais (vermiculita, PET e minerais) e da areia foram realizadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal de Campina Grande, segundo os procedimentos descritos na NBR 7217/1987.

4.2. Elaboração das Placas de Argamassa

As placas de argamassa PTE (CP + Areia), PVE (CP + Areia + Vermiculita), PMI (CP + Areia + Minerais/Quartzo e Mica), PPE (CP + Areia + PET), na proporção de 10% de substituição de areia por resíduo (Tabela 2), foram moldadas em bandejas retangulares de 30cm de comprimento, 15cm de largura e 2cm de espessura (Figura 2 C), dentro da

especificidade da NBR 13749/96 que estabelece um valor mínimo de 20mm para revestimentos externos.

TABELA 2. Relação das quantidades dos materiais utilizados para a elaboração das placas de argamassa.

Materiais utilizados	10% de Substituição (g)	15% de Substituição (g)
Cimento	788g	788g
Água	473 g	473 g
Areia	2025g	1914,5g
(PET, vermiculita, minerais)	225g	337 g

Após a moldagem as placas permaneceram em local seco e sombreado por 24h para que ocorresse o endurecimento da argamassa, então foram desmoldadas e colocadas em cura por imersão em água durante sete (07) dias. O mesmo procedimento foi realizado para confecção das placas com 15% de substituição (Tabela 2). A elaboração das argamassas foi realizada no Laboratório de Construções Rurais (LABCON) da Universidade Federal da Paraíba, Campus II - Areia.

FIGURA 2. Elaboração das placas de argamassa. A) mistura dos materiais, B) amassamento da mistura, C) moldagem da placa e D) placas prontas e fixadas.

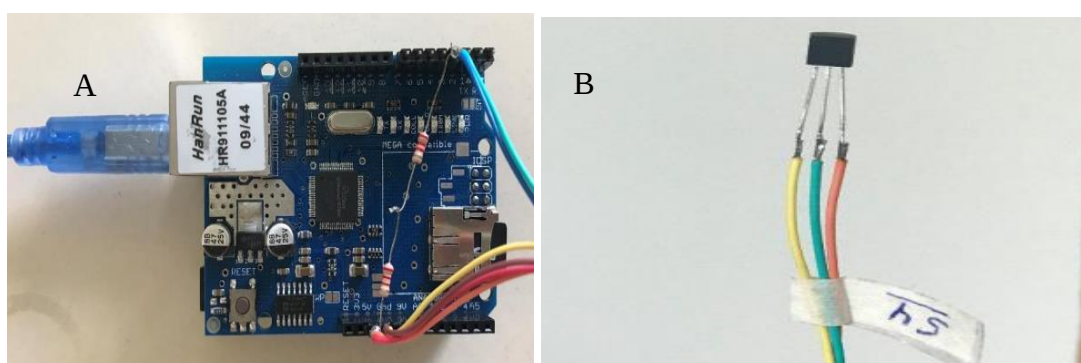




4.3. Sistema para coleta de dados.

Após o tempo de cura e secagem as placas foram instaladas sobre um suporte feito com canos de PVC. Em cada uma delas foram fixados dois sensores de temperatura digitais, modelo DS18B20 (Figura 3 B), um na face superior e outro na face inferior da placa, os sensores estavam interligados a um micro controlador tipo Arduíno®, modelo Mega 2560 (Figura 3 A), responsável por coletar os dados de temperatura a cada 5 minutos.

FIGURA 3. Sistema de coleta de dados. A) Arduíno®, B) Sensor de temperatura



O sensor foi fixado com cola quente, a cola fez o isolamento do sensor com o meio externo. A sequência de tomada dos dados iniciou-se com as placas com 10% de substituição, que correspondeu aos dias 29/08 a 04/09/2018, os dados de temperatura foram coletados por 7 dias e após esse período descarregados em um microcomputador para análises posteriores. Em seguida, com a finalização das coletas das placas de 10%, foram instaladas as placas com 15% de substituição com 7 dias de coleta de dados, entre os dias 19 a 25/09/2018, totalizando 14 dias do período experimental. Além disso, os dados obtidos foram comparados com as temperaturas médias dos valores de três sensores que ficaram alocados próximos às placas (temperatura do entorno) e das obtidas pela estação meteorológica durante o período de cada ensaio.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Após preparação das placas em laboratório, respeitando o tempo de cura das argamassas, as placas foram levadas para a Estação Meteorológica (Figura 4), situada na Universidade Federal da Paraíba, Campus II - Areia, o local foi escolhido por ser seguro e não apresentar áreas sombreadas que pudessem interferir na captação da radiação pelas placas.

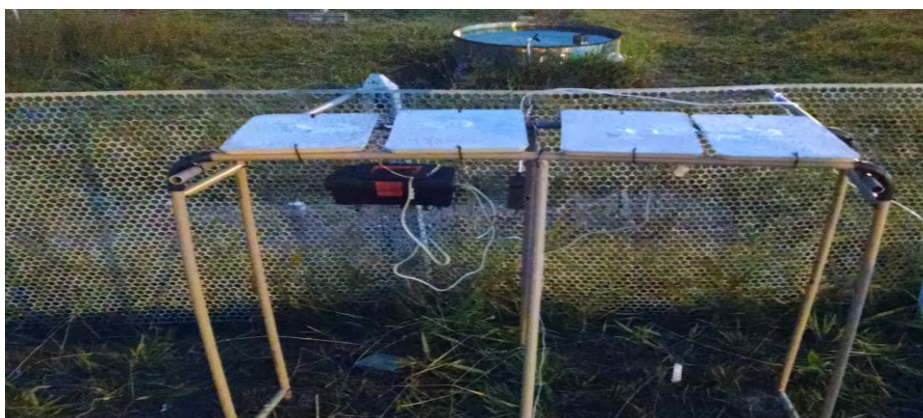
FIGURA 4. Estação Meteorológica de Areia



Fonte: <http://www.inmet.gov.br>

Foi construído um suporte utilizando-se canos de PVC, que serviu de base para instalação das placas. O sistema foi alocado em uma caixa plástica e coberto com telha fibrocimento (Figura 5), protegido das chuvas e insolação direta.

FIGURA 5. Disposição das placas em suporte de canos PVC.



6. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram analisados da seguinte forma:

- Cálculo e análise dos gradientes de temperatura das placas ao longo do dia, para compor os gráficos do comportamento térmico diário, utilizando-se planilhas e gráficos do programa Microsoft EXCEL 2007.

- Análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar a existência de diferenças significativas entre as temperaturas obtidas nas placas com resíduo e na placa testemunha, em cada percentual de substituição, entre os horários de maior aquecimento. Para tanto foi utilizado o programa Origin 7.0.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Caracterização dos agregados

Os agregados, convencional (areia) e alternativos (vermiculita, PET e minerais), foram caracterizados quanto à granulometria e os resultados obtidos são mostrados na Tabela 3. As análises foram realizadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal de Campina Grande, para o procedimento utilizou-se amostras com cerca 500g.

A areia utilizada foi extraída das margens do rio Paraíba na comunidade Vereda Grande, localizada no município da cidade de Barra de Santana, agreste paraibano. De acordo com a análise de granulométrica é considerada uma areia fina obtendo um diâmetro máximo de 1,2mm e um módulo de finura igual a 2,8.

A vermiculita utilizada na confecção das argamassas foi obtida na Mineração Pedra Lavrada (Santa Luzia-PB), sendo considerada um subproduto, ou seja, não é comercializada devido ao pequeno tamanho das partículas, sendo assim descartada no meio ambiente. Quanto à granulometria, apresentou o maior percentual retido com diâmetro de 0,15mm.

TABELA 3. Análise granulométrica dos agregados convencional e alternativos utilizados na elaboração das argamassas.

Peneira		Material retido pela peneira (%)			
Nº (ABNT)	Dimensão (mm)	Areia	Vermiculita	PET	Silicatos
4	4,8				
8	2,4				
10	2,0				
16	1,2	76,8			
30	0,6	3,3			17,8
40	0,42				
50	0,30	6,8	30	17,7	14,6
80	0,18				
100	0,15		51,61	14,7	18,2

150	0,106			18,2	13,8
200	0,074			13,7	13,2
230	0,062			10,5	11

Diferentemente da Vermiculita, o PET e os Silicatos apresentaram uma maior dispersão granulométrica em malhas de diâmetro inferiores.

O PET (Politereftalato de etileno) tem sido usado na indústria da construção civil na forma de mantas ou lã para o isolamento térmico das construções. A condutividade térmica desse material não é tão baixa quanto a das argilas, por exemplo, mas apresenta características vantajosas como a leveza para a composição das argamassas. Visualmente é um pó branco oriundo da Indústria têxtil que utiliza o PET para produção de determinados produtos. Segundo a análise o PET se enquadra na série normal das peneiras 0,3 a 0,062mm.

A sílica é um mineral básico na formação de rochas como o quartzo e a mica; estando ainda presente nas areias em geral. Esses materiais não apresentam níveis de condutividade térmica que os tornam naturalmente exímios isolantes, apresentando valores mais próximos aos das areias tradicionalmente utilizadas nas elaborações das argamassas, porém, características físicas relacionadas ao brilho, a coloração, a forma granular e tamanho de partícula podem influenciar nas características térmicas finais. O agregado apresenta granulometria que se enquadra na série normal e intermediária, variando entre 0,6 e 0,062mm

7.2 Comportamento Térmico das Argamassas

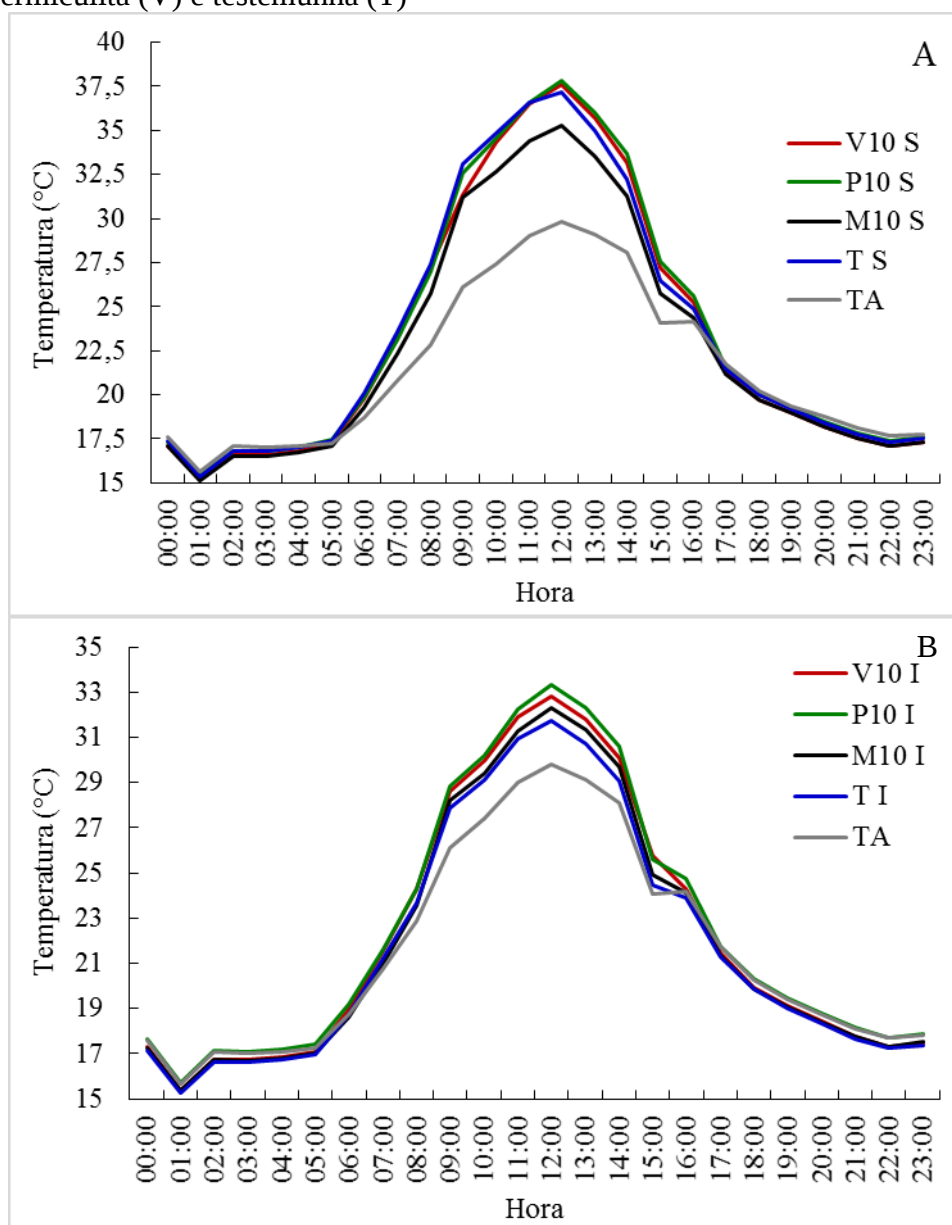
- Tratamentos com 10% de substituição

A utilização da vermiculita na argamassa de revestimento apresenta-se como alternativa na melhoria do conforto devido as suas características térmicas, porém, ao analisar simultaneamente os dados das argamassas com incorporação de vermiculita a 10%(V10) e testemunha (T), observa-se através dos gráficos na Figura 6 A que na face superior a temperatura superficial foi similar entre os materiais, atingindo valores máximos de 37,6 e 37,2°C às 13h, para V10 e T, respectivamente.

Quando analisadas as temperaturas na face inferior das placas (Figura 6 B) o resultado foi diferente, com 32,8 e 31,8°C para V10 e T, às 12 e 13h respectivamente. Dessa forma, nota-se que a testemunha (T), constituída de argamassa tradicional, apresentou uma diferença de 1°C a menos na temperatura, devido ao calor absorvido pela placa, quando comparada àquela com vermiculita.

O resultado observado pode estar relacionado a granulometria dos materiais de constituição das argamassas; sabe-se que materiais finos reduzem a porosidade das massas o que pode comprometer a quantidade de ar em seu interior, prejudicando o isolamento térmico. Já citado anteriormente, Margalha (2011) afirma que as características do agregado, tais como dureza, forma dos grãos, granulometria e porosidade, influenciam no comportamento da argamassa.

Figura 6. Comportamento da temperatura nas argamassas produzidas com incorporação de 10% de resíduo e testemunha nas faces superior (A) e inferior (B). Temperatura ambiente (TA), resíduo de minerais (MI), PET (P), vermiculita (V) e testemunha (T)



De acordo com DIAS (2018) o maior teor de finos no resíduo de vermiculita pode resultar em argamassas com menor porosidade do que se fossem fabricadas apenas com o agregado natural.

Na análise da argamassa incorporada com 10% de PET (P) em comparação à testemunha (T) pode-se observar comportamentos semelhante com os obtidos na comparação anterior, entre a vermiculita a 10%(V10) e a Testemunha (T). As temperaturas máximas superiores para a testemunha (T) e com 10% de PET (P10) foram de 37,1 e 37,8°C às 13h e as inferiores de 31,8 e 33,3°C às 13h e às 12h, respectivamente (Figura 6 A e B). As temperaturas mínimas registradas em ambas as faces ocorreram entre 01 e 02h com valores próximos a 15°C.

Ao comparar os dados obtidos para a argamassa com 10% de substituição por minerais (M10), observou-se que a incorporação M10 apresentou um comportamento inverso aos das outras incorporações. Com relação às temperaturas das faces superiores a placa M10 apresentou a uma diferença de 2°C a menos entre elas (Figura 6A). Para as faces inferiores o comportamento foi similar com temperaturas próximas aos 32°C às 13h (Figura 6B). Esse comportamento está associado à propriedade térmica absorvidade dos materiais silicosos, que consequentemente afetará as misturas produzidas com ele.

Para Castro (2015) existe correlação da refletância com o desempenho térmico, em que a refletância na região do infravermelho está diretamente relacionada ao desempenho térmico dos materiais, já que é esta região do espectro solar que contribui para o aumento da temperatura dos materiais. O aumento da refletância em coberturas, por exemplo, pode auxiliar na diminuição do aquecimento do ar e no efeito do calor sobre usuários (CASTRO,2015). Esse é um efeito que pode ser causado pelas condições de coloração e brilho que os materiais agregados podem promover nas argamassas.

As temperaturas superiores das placas testemunha (TS) e com incorporações de 10% de PET (P10 S) e Vermiculita (V10 S) tiveram comportamento semelhante, com diferença de temperaturas não superiores a 1°C entre si (Figura 6A). Todas as argamassas com incorporação apresentaram temperaturas inferiores maiores que para a argamassa testemunha variando entre 0,5 e 1,5°C. Com relação à temperatura do ar (TA) no entorno do experimento, observa-se que o valor máximo foi de 29,8°C às 13h, entre 2,5 (M10 I) e 3,5°C (P10 I) menor que as temperaturas registradas nas placas. Nos horários mais frios TA foi ligeiramente superior às temperaturas registradas nas placas em todos os tratamentos.

Um dos itens de grande importância no estudo do desempenho térmico de materiais, é o atraso térmico. De forma simplificada podemos dizer, que essa propriedade representa o

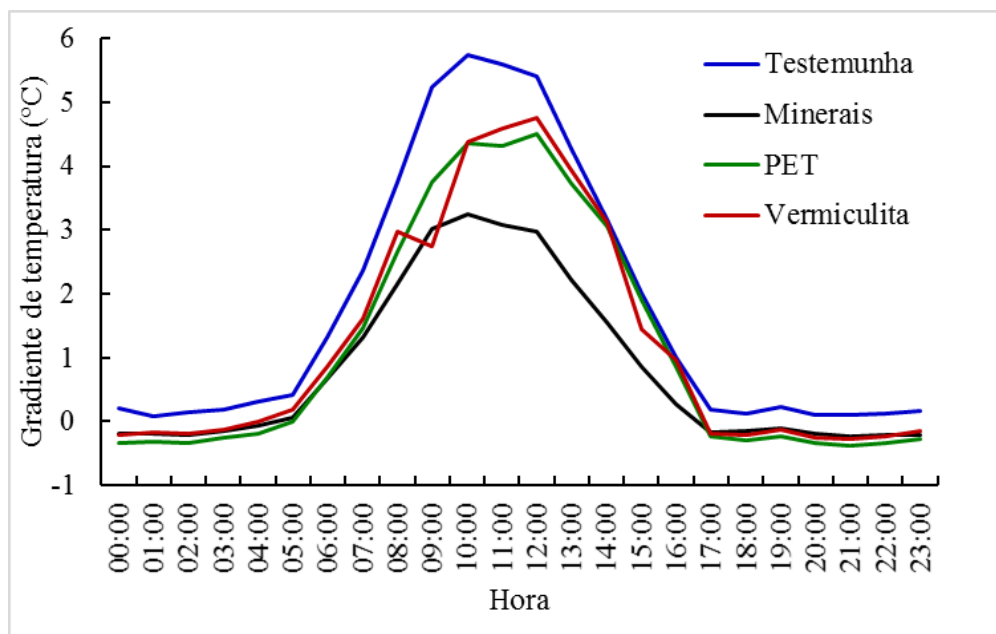
tempo em que o calor absorvido é transferido entre as faces do sólido considerado. Para todas as argamassas estudadas foi observado o início do aquecimento às 5h da manhã, com a maior gradiente registrado para argamassa testemunha, porém, as temperaturas superiores ficaram próximas aos 37°C.

Considerando uma diferença máxima entre as temperaturas mais altas de 0,5°C nas argamassas, nos horários mais quentes do dia, entre 09 e 12h, percebeu-se que a incorporação de minerais e a testemunha apresentaram um maior tempo de aquecimento, e consequentemente um menor atraso térmico, com início dos picos de aquecimento às 09:00 horas da manhã. Para as argamassas testemunha e M10 (minerais) o gradiente máximo foi atingido às 10h da manhã. Com relação às argamassas com incorporação de vermiculita e PET, os resultados mostraram um maior atraso térmico com valores máximos no gradiente de temperatura às 12h. Vale salientar que, o início do pico de aquecimento para estes materiais ocorreu às 10:00 horas, cerca de uma hora após o início do aquecimento com relação às argamassas testemunha e com minerais.

As placas também apresentaram comportamento similar com relação às temperaturas mais baixas, com temperaturas próximas aos 15°C à 01h.

O gradiente térmico obtido na proporção de 10% (Figura 7) apresentou comportamento diferenciado entre a placa testemunha e a com incorporação de vermiculita nos horários de maior aquecimento. As diferenças máximas foram de 5,7°C às 11h (Testemunha) e 4,8°C às 12h (Vermiculita), demonstrando que apesar do menor gradiente, a incorporação da vermiculita atua no tempo de aquecimento do material elevando-o. O valor máximo alcançado pela placa com PET foi de 4,5°C às 12h, e esse comportamento foi idêntico ao ocorrido na comparação entre Testemunha e Vermiculita. Dessa forma, pode-se assumir que o comportamento foi influenciado pela granulometria do resíduo.

Figura 7. Representação gráfica dos gradientes térmicos das placas Testemunha, PET, Vermiculita e Minerais com 10% de substituição.



O gradiente térmico registrado na argamassa com minerais não apresentou um valor elevado, máximo de 3,3°C (Figura 7), e esse comportamento está associado a menor absorção do calor pela face superior. A menor absorção do calor pode estar associada a condições da superfície da placa como a cor, levemente mais clara, e ao brilho apresentados pelos minerais utilizados, o que pode ter contribuído com o aumento da reflexão da luminosidade.

Na condição de resfriamento, período noturno, somente a placa com a incorporação de vermiculita resfriou-se o suficiente para permitir valores negativos; ou seja, a face inferior ficou mais aquecida que a superior, demonstrando a aptidão do material a perda do calor acumulado ao longo do dia. Observou-se também que nas horas mais frias a perda de calor na face superior das placas com incorporação foi superior ao da testemunha.

De acordo com Rossi et al. (2014), quanto mais clara é a superfície do material, maior é o seu valor de refletância.

- Tratamentos com 15% de substituição

Com relação a argamassa com resíduo de vermiculita, observa-se na Figura 8 que as placas começaram a aquecer as 5h e alcançam o pico de temperatura às 12h. Na face superior a temperatura foi similar entre os materiais, atingindo valores máximos de 38,4 e 37,2°C às 12h, para V15 e T, respectivamente (Figura 8A).

Quando analisadas as temperaturas na face inferior das placas, o resultado não foi diferente, com 34,5 e 34,0°C para V15 e T, às 12h respectivamente (Figura 8B). Dessa forma,

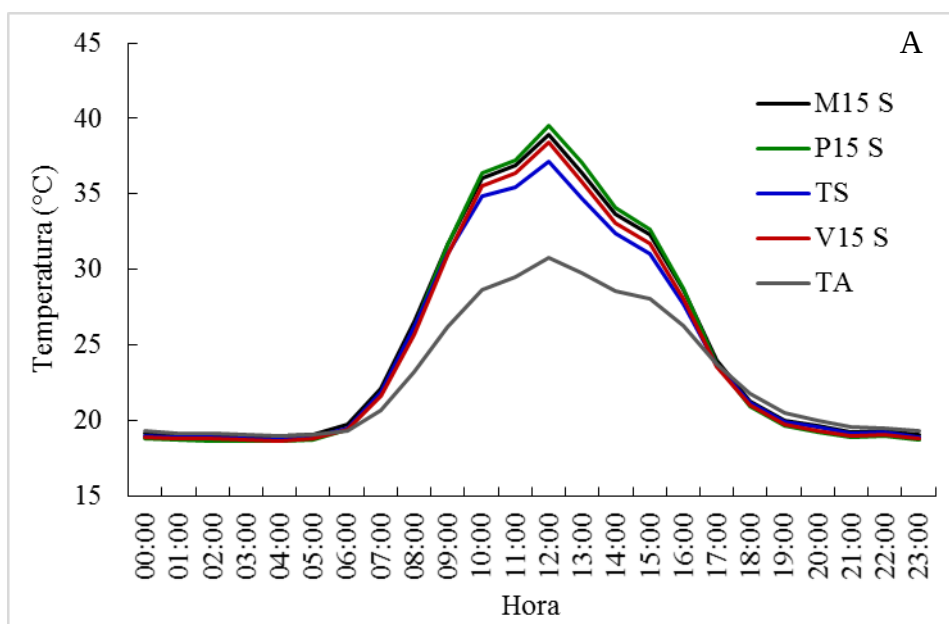
nota-se que a testemunha (T), constituída de argamassa tradicional, apresentou uma diferença de 1,2°C a menos de temperatura na face superior e 0,5°C a menos na face inferior, quando comparada àquela com vermiculita.

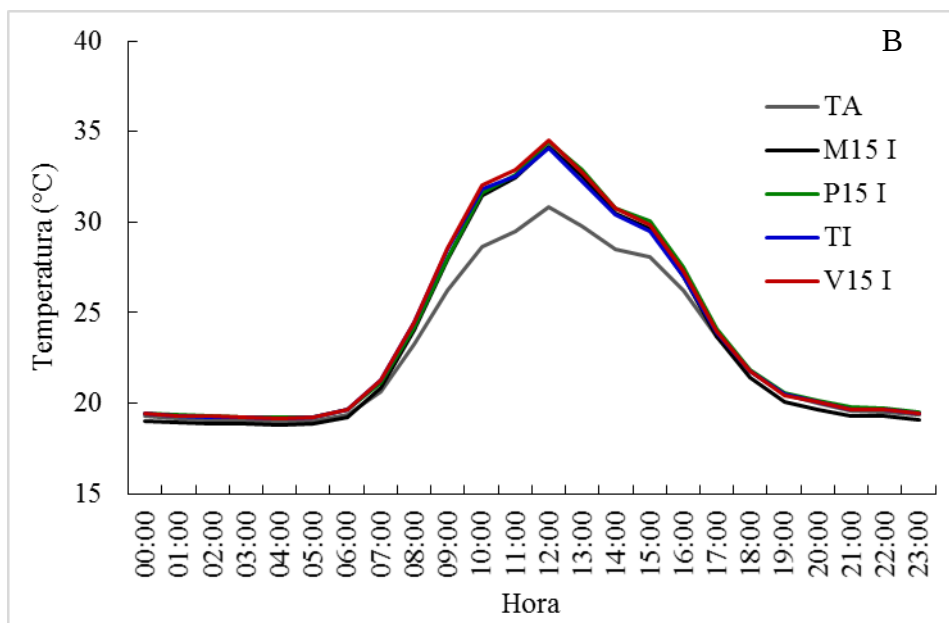
Na análise da argamassa incorporada com 15% de PET (P) em comparação à testemunha (T) pode-se observar comportamentos parecidos com os obtidos na comparação anterior, entre a vermiculita a 15%(V15) e a Testemunha (T). As temperaturas máximas superiores para a testemunha (T) e com 15% de PET (P15) foram de 37,2 e 39,5°C às 12h e as inferiores de 34,0 e 34,4°C às 12h, respectivamente (Figura 8 A e B). As temperaturas mínimas registradas em ambas as faces ocorreram entre 01 e 02h com valores próximos a 15°C.

Candido et al (2014), ao analisarem os resultados dos ensaios com blocos vazados produzidos com vários teores de PET em substituição ao agregado miúdo, concluíram que o teor que apresentou os melhores resultados foi de 15% de PET, havendo uma redução na condutividade térmica.

Ao comparar os dados obtidos entre a argamassa com 15% de substituição por minerais (M15) e a Testemunha (T), observou-se que a incorporação M15 obteve temperatura máxima de 38,9 °C na face superior, às 12h, chegando a uma diferença de 2,7°C comparada com a T (Figura 8 A). Para as faces inferiores o comportamento foi similar com diferença de 0,4°C as 12h (Figura 8 B).

Figura 8. Comportamento da temperatura nas argamassas produzidas com incorporação de 15% de resíduo e testemunha nas faces superior (A) e inferior (B). Temperatura ambiente (TA), resíduo de minerais (MI), PET (P), vermiculita (V) e testemunha (T)





A maior temperatura registrada na face superior foi do PET (P15) que chegou a 39,5°C, seguido de minerais (M15) com 38,9°C, Vermiculita (V15) com 38,4°C e a placa Testemunha (TS) com 37,2°C que registrou a menor temperatura, mostrando uma diferença de 2,3°C entre a maior temperatura (P15) e a menor temperatura (TS). (Figura 8A).

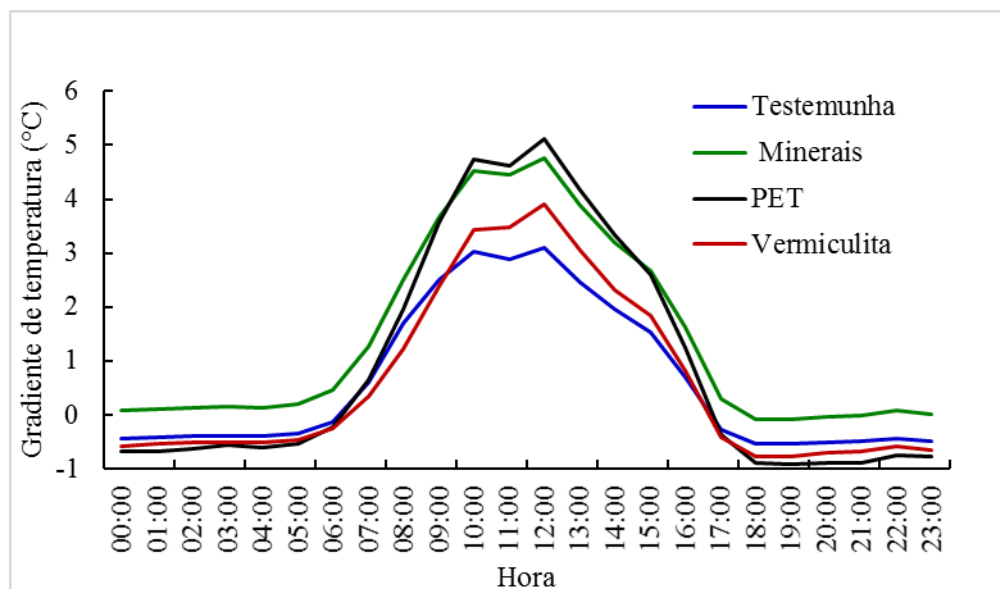
Quando analisamos as curvas das temperaturas nas faces inferiores percebemos que as placas testemunha e com PET, Minerais e Vermiculita à 15% apresentaram temperaturas semelhantes com diferença que não ultrapassou 0,5°C (Figura 8B). Com relação à temperatura do ar (TA) no entorno do experimento, observa-se que nas horas mais quentes do dia o valor máximo foi de 30°C às 12h, 4,5°C a menos que as temperaturas registradas nas placas.

Com relação ao tempo de aquecimento não houve diferença entre os tratamentos quando a incorporação foi de 15%, ambas começaram a aquecer às 5h e alcançaram o pico de aquecimento às 12h com temperatura máxima de 39,5 na placa com PET.

Quanto ao gradiente térmico das placas com 15% de substituição (Figura 9), as diferenças máximas foram de 3,1°C (Testemunha) e 3,9°C (Vermiculita) às 12h, demonstrando que quando se elevou a porcentagem de material a vermiculita se iguala com a testemunha no quesito tempo de aquecimento, diferente da incorporação com 10%. A medida que se aumentou o nível de substituição de vermiculita para 15%, devido a sua granulometria, por ser um material muito fino diferente da granulometria da areia, a placa ficou pouco porosa

diminuindo a presença de ar em seu interior, influenciando no desempenho térmico desta argamassa.

Figura 9. Representação gráfica dos gradientes térmicos das placas Testemunha, PET, Vermiculita e Minerais com 15% de substituição.



No período noturno observa-se uma tendência do gradiente térmico ser negativo, ou seja, as temperaturas nas faces inferiores das placas são maiores que as temperaturas nas faces superiores, com exceção da incorporação com minerais. O valor máximo alcançado pelo PET foi de 5,1°C às 12h, para testemunha esse valor foi de 3,1°C no mesmo horário, mostrando uma diferença de 2°C entre os gradientes. Dessa forma, pode-se assumir que seu comportamento térmico foi discretamente melhor quando comparado aos demais. A argamassa com minerais apresentou um valor máximo de 4,8°C, enquanto para a placa T esse gradiente foi de 3,2°C. Quanto à vermiculita, apresentou similaridade com o comportamento da placa testemunha.

7.3 Análise estatística dos dados

A análise de variância aplicada aos dados médios, entre os dias de coleta, no horário de 12 às 13h, considerado o mais expressivo no aumento das temperaturas e dos gradientes das argamassas, mostrou que não houve interação significativa entre as temperaturas das faces superior e inferior das argamassas testemunha das argamassas com a incorporação dos resíduos estudados em nenhuma das concentrações. Com isso podemos afirmar que estatisticamente os resultados foram semelhantes (Tabela 4). Por outro lado, em termos de gradiente térmico, o teste de médias utilizado (teste de Tukey) apontou uma diferença

significativa para o tratamento com 10% de minerais quando comparado aos demais. Nesse caso específico, como observado anteriormente, a diferença pode estar nas condições da superfície obtida com a incorporação, como também na maior condutividade térmica do material agregado que permitiu uma dissipação mais rápida do calor absorvido.

TABELA 4. Valores médios das temperaturas superior e inferior e do gradiente térmico das placas com substituição a 10% e testemunha, entre 12 e 13h.

Tratamento	T. Superior	T. Inferior (°C)	Gradiente (ΔT)
10% Vermiculita	37,6	32,8	4,8 a
10% PET	37,8	33,3	4,5 a
10% Minerais	35,3	32,3	3,0 b
Testemunha	37,2	31,8	5,4 a

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Quando comparados os gradientes das concentrações de 15% e a testemunha o comportamento também apresentou diferenças estatisticamente significativas (Tabela 5). Entre os gradientes da Testemunha com os M15 e P15 não se observou diferenças.

Na placa Testemunha foi registrado o menor gradiente, e isso remete mais uma vez ao fato de que apenas a utilização da areia gerou uma menor quantidade de finos na argamassa, apresentando uma placa com maior rugosidade e porosidade possibilitando uma modificação no comportamento térmico.

TABELA 5. Valores médios das temperaturas superior e inferior e do gradiente térmico das placas com substituição a 15% e testemunha entre 12 e 13h.

Tratamento	T. Superior	T. Inferior (°C)	Gradiente (ΔT)
15% Vermiculita	38,4	34,5	3,9 ab
15% PET	39,5	34,3	5,1 a
15% Minerais	38,9	34,2	4,8 a
Testemunha	37,2	34,2	3,1 b

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

As placas de vermiculita e testemunha apresentaram resultados similares estatisticamente. A análise dos resultados entre a temperatura superior e o gradiente da testemunha demonstra a ineficiência quanto ao isolamento quando comparadas as placas com incorporações nessa proporção.

8. CONCLUSÕES

A incorporação de 10% de Minerais na elaboração da argamassa promoveu o desempenho térmico mais insatisfatório entre os tratamentos estudados em decorrência do menor gradiente térmico registrado.

A granulometria dos agregados afetou o desempenho térmico das argamassas por diminuir a porosidade, prejudicando o isolamento conferido pela presença do ar no interior dos seus poros.

As substituições de 15% com PET e Minerais apresentaram maior eficiência no bloqueio à passagem do calor, com gradientes superiores aos encontrados na substituição de 10%.

A incorporação de 15% de resíduos promoveu modificações nas argamassas por influência das propriedades térmicas dos materiais utilizados; porém, à 10% as substituições levaram a mudanças físicas, como na porosidade, que influenciaram negativamente no desempenho térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. V., Palestra técnica de cimentos para pré-moldados, Seminário nacional de blocos de concreto para alvenaria e pavimento de concreto, Instituto de Engenharia de São Paulo, São Paulo / SP, 2001.
- AGOPYAN, V; JOHN, V. M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. Ed. Edgard Blucher, v.5, 2011.
- ALBUQUERQUE, A. S. Agregados. In BAUER, Luís. A. F. Materiais de construção 1. 2000 Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional 2000b, pg. 63-119
- ALENCAR, A. C. A. B.; Costa, T. P. G da; Alves, C. S.; Linhares, F. M. Diagnóstico espaço-temporal das áreas impactadas pela MPL - Mineração Pedra Lavrada (Santa Luzia-PB), na extração de vermiculita. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: 2(2): 25-36, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação; Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- BIANCHI, M. V. A. Valor-R: Resistência Térmica de Isolantes. Avicultura Industrial 2014 Disponível em <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/valor-r-resistencia-termica-de-isolantes/20141110-094020-o003>>Acesso em: 06 de setembro 2018.
- BUEST NETO, G. T. Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CÂNDIDO, L. F et al. Avaliação de blocos de concreto produzidos com pet reciclado, 2014. Disponível em <http://www.academia.edu>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.
- CANELLAS, S. S. Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassas. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio, 2005.
- CARASEK, H. Argamassas. In: Geraldo C. Isaías (Org./ Ed.). Livro Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 1ª ed., v. 2, cap. 26, IBRACON: São Paulo, 2007.
- CASTRO, L. C. Estudo e desenvolvimento de materiais “frios” para pavimentação urbana / Luiz Cesar de Castro; Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – Criciúma, SC :Ed. do Autor, 2015.

ÇENGEL, Y. A. Heat and mass transfer: fundamentals & applications. 5th. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

CINTRA, C. L Dias. Masonry mortar with termo-acustic insulating properties based on vermiculite and recycled rubber aggregates from wasted tires. 2013. 182.f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2013.

COSTA, A. L. INTERVENÇÃO: Dilatação Térmica ,2017. Disponível em <http://porteiros.s.unipampa.edu.br/pibid/files/2017/08/dilatacao-termica-alice-lemos-costa.pdf>. Acesso em: 06 de Setembro 2018 as 09:42.

DIAS, R.T. Desempenho Termomecânico de Argamassas com adição de Resíduos de Vermiculita para Construções Rurais, 2018. (Dissertação) Mestrado em Construções Rurais e Ambiente – UFCG, Campina Grande, 2018.

DUPRÉ MINERALS. What is vermiculite? Disponível em: <http://www.dupreminerals.com/en/vermiculite/introduction>>. Acesso em: 15 Nov. 2018.

FRIGIONE, M. Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete. Waste Management. v.30. 2010.

FERREIRA, C. R. G. Análise de propriedades térmicas e mecânicas de compósitos de argamassa e resíduo de borracha. Dissertação de Mestrado, PPGCEM - Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, UFRN, Natal, 2009.

GOLUB, A. C; SILVA, C. V . Influência do uso de materiais alternativos em argamassa de revestimento interno: avaliação quanto ao isolamento térmico.2017

GOMES, G. M.; Flores-Colen, I.; Manga, L. M.; Soares, A.; de Brito, J. The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars. Construction and Building Materials. v. 135, p. 279–286. 2017.

GONÇALVES, P.J, et al. Argamassas Térmicas: Uma solução no cumprimento do RCCTE, 2012. Disponível em:<http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicações>>> Acesso em 02 de setembro 2018 as 22:03 hrs.

HURNIK, J.F. B (chapter 13). In: PHILLIPS,C.; PIGGINGS, D. (Eds.). Farm animals and the environment. Wallingford: CAB International, 1992, p. 235-244.

ICMM - International Council on Mining and Metals. Diretrizes de Boas Práticas para Mineração e Biodiversidade. Londres, Reino Unido, 2006. Disponível em: www.icmm.com>. Acesso em: 26/08/2018, às 15 h 39 min.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEAL, M. M. R. Desenvolvimento de argamassas de revestimento com comportamento térmico melhorado. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção Civil, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2012

MARGALHA, M. G. Argamassas. 2011. Documento de apoio às aulas de Conservação e Recuperação do Património. Universidade de Évora. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4969/1/Argamassas.pdf>. Acesso 01 de agosto de 2018, 13:12

MARQUES, A. C.; RICCI, E. C.; TRIGO, A. P. M.; AKASAKI, J. L. Resistência Mecânica do Concreto Adicionado de Borracha de Pneu Submetido à Elevada Temperatura. Anais das XXXII Jornadas Sul-americanas de Engenharia Estrutural. Campinas – São Paulo. 2006.

MELLO, A.L. Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa. 172p. Dissertação (Mestrado), Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em <<http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/utilizacao-de-residuos-de-pead-como-alternativa-aos-agregados-naturais-em-argamassa>>.

MENEGUINI, E. C. A. Comportamento de argamassas com o emprego de pó de borracha. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP. Campinas, 2003.

MARZOUK, O. Y.; DHEILLY, R. M.; QUENEUDEC, M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. Waste Management, 2006, v. 27, p. 310-318. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.03.012.

OLIVEIRA, L. S. Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios [manuscrito] / Lívia Souza de Oliveira. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São João Del-Rei. Departamento de Engenharia Mecânica. – 2013. 75f. ; P.7

RECENA, F. A.P. Conhecendo a Argamassa. 2ª ed. Porto Alegre, EDIPUCRS, 2012

RECENA, F.A.P Técnicas Aplicáveis a Trabalhos de Restauração de Prédios de Interesse Histórico e Cultural. (2014). EDIPURS. Porto Alegre

RENÓ, M.L.G. Uso de técnicas de otimização robusta multi-objetivos na produção de cimento. 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0036354.pdf>. Acesso 02 de agosto de 2018, 12:39

REZENDE, M. A. P. [Sem título]. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2007. (Notas de aula da disciplina Técnicas Retrospectivas).

ROLLIN, B.E. Farm animal welfare: social, bioethical, and research issues. Ames: Iowa State University Press, 1995, 168p.

ROSSI, F.; PISELLO, A. L; NICOLINI, A; FILIPPONI, M.; PALOMBO, M. Analysis of retroreflective surfaces for urban heat island mitigation: A new analytical model. Applied Energy, 2014.

SALTOR.V et al. INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA PROJETOS DE CONSTRUÇÕES RURAIS; Instalações para suínos vol.2. Construções Rurais e Ambiência (DEA –UFV), 2004.

SILVA, W.P . PRECKER, J. W Medida de Calor Específico e Lei de Resfriamento de Newton: Um Refinamento na Análise dos Dados Experimentais. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 25, no. 4, Dezembro, 2003

TOPÇU, I. B., CANBAZ, M. Properties of concrete containing waste glass. Cement and Concrete Research. Elmsford, v. 34, n. 1, p. 267-274, 2004.te

VARELA, V; VIEIRA, F.S. Cimento: Uma matéria prima essencial no fabrico de argamassa, In: 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa. 2005. Disponível em : <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes>>> Acesso 02 de agosto de 2018, 12:42.