



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NEEMIAS WELLINGTON BARBOSA LIMA

**ARGAMASSAS CONFECCIONADAS COM PÓ DE PNEU INSERVÍVEL E
PERLITA EXPANDIDA**

MOSSORÓ - RN

2024

NEEMIAS WELLINGTON BARBOSA LIMA

**ARGAMASSAS CONFECCIONADAS COM PÓ DE PNEU INSERVÍVEL E
PERLITA EXPANDIDA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Sâmea Valesca Alves Barros

MOSSORÓ - RN

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732a Lima, Neemias Wellington Barbosa.
Argamassas confeccionadas com pó de pneu
inservível e perlita expandida / Neemias
Wellington Barbosa Lima. - 2024.
31 f. : il.

Orientadora: Sâmea Valensca Alves Barros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Sustentabilidade. 2. Propriedade mecânica.
3. Absorção por capilaridade. 4. Argamassa
sustentável. 5. Material alternativo. I. Barros,
Sâmea Valensca Alves , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

NEEMIAS WELLINGTON BARBOSA LIMA

**ARGAMASSAS CONFECCIONADAS COM PÓ DE PNEU INSERVÍVEL E PERLITA
EXPANDIDA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a Sâmea Valensca Alves Barros (UFERSA)
Presidente

Adna Érica Melo de Sousa Fontes, M.Sc em Eng. Civil (UFERSA)
Membro Examinador

Engenheiro Civil Elói Romão dos Santos Souza
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Neste momento tão significativo da minha vida, é com o coração repleto de gratidão que escrevo estas palavras. Primeiramente, quero agradecer a Deus, que sempre foi meu guia e força em todos os desafios que enfrentei durante esta jornada. Sua luz iluminou meu caminho e me proporcionou coragem nos momentos de dúvida. Sinto-me verdadeiramente abençoado por ter Sua presença constante em minha vida, me inspirando a buscar sempre o melhor.

Agradeço também aos meus pais, cuja dedicação e amor incondicional foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Vocês foram meu alicerce, sempre me incentivando a acreditar em meus sonhos e a lutar por eles. Cada sacrifício que fizeram e cada ensinamento que me transmitiram me moldaram como pessoa e como estudante. Sou eternamente grato por todo o apoio e carinho que recebi ao longo dos anos. Vocês são a razão pela qual estou tão motivado a conquistar novos horizontes.

A minha família, em geral, merece também meu agradecimento especial. Cada um de vocês, com suas particularidades e histórias, contribuiu de alguma forma para o meu crescimento. Os momentos compartilhados, as risadas e até os desafios que enfrentamos juntos me ensinaram o valor da união e do amor familiar. É um privilégio ter uma rede de apoio tão sólida e amorosa.

Quero fazer um agradecimento especial à minha orientadora, Samêa. Sua orientação, paciência e expertise foram essenciais para a realização deste trabalho. Você me desafiou a pensar criticamente e a buscar a excelência, sempre com uma abordagem encorajadora e motivadora. A sua dedicação e comprometimento com o meu desenvolvimento acadêmico fizeram toda a diferença nesta jornada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação, meu sincero muito obrigado. Cada palavra de incentivo, cada gesto de carinho e cada ensinamento foram essenciais nesta caminhada. Levo comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também as valiosas lições de vida que encontrei ao longo desse percurso. Estou animado para o futuro e pronto para novos desafios, sempre com gratidão no coração.

É uma disciplina que promove, com visão integrada, o gerenciamento e o compartilhamento de todo o ativo de informação possuído pela empresa. Esta informação pode estar em um banco de dados, documentos, procedimentos, bem como em pessoas, através de suas experiências e habilidades.

Gartner Group

RESUMO

A produção de argamassas alternativas para atender as demandas da construção civil vem sendo alvo de pesquisas nas últimas décadas. Nesta perspectiva, este trabalho teve como objetivo investigar o impacto da adição de pó de borracha e perlita expandida na resistência à compressão simples e na absorção por capilaridade de argamassas. O traço utilizado foi 1:1:6, onde se produziu corpos de prova de referência, contendo 5% de borracha em substituição parcial a areia, 5% de perlita em substituição parcial a areia e uma combinação de 5% de ambos os materiais. Após a escolha do traço e definição do teor de substituição, ocorreu a caracterização química da perlita expandida e moldagem dos corpos de prova para determinação da resistência à compressão simples (RCS) conforme ABNT NBR 7215: 2019 e da absorção por capilaridade seguindo a ABNT NBR 9779:2012. Os resultados aos 28 dias da RCS demonstraram que o teor de substituição não trouxe ganhos em relação ao traço de referência, não atendendo aos critérios de resistência especificados pela ABNT NBR 13281-2: 2023 para argamassas de assentamento de alvenaria de vedação (AAV) e para argamassa para fixação horizontal de alvenaria (AAF). Enquanto isso os de absorção de água por capilaridade aos 28 dias, demonstraram que o traço que utiliza o resíduo de borracha; a perlita expandida e a combinação desses materiais demonstraram melhores resultados para absorção de água por capilaridade do que o traço de referência. Esses resultados indicam que, embora a borracha e a perlita melhorem a impermeabilidade das argamassas, não promoveram ganho de resistência mecânica para ser usados no traço estudado em substituição parcial ao agregado miúdo. E que o valor obtido não permite o uso como argamassas de alvenaria de vedação e nem como argamassa para encunhamento.

Palavras-chave: Sustentabilidade; propriedade mecânica; absorção por capilaridade; argamassa sustentável; material alternativo; impermeabilidade.

ABSTRACT

The production of alternative mortars to meet the demands of civil construction has been the subject of research in recent decades. In this perspective, this work aimed to investigate the impact of the addition of rubber powder and expanded perlite on the simple compressive strength and capillary absorption of mortars. The ratio used was 1:1:6, where reference specimens were produced, containing 5% rubber in partial replacement of sand, 5% perlite in partial replacement of sand and a combination of 5% of both materials. After choosing the ratio and defining the substitution content, the chemical characterization of the expanded perlite and molding of the specimens took place to determine the simple compressive strength (RCS) according to ABNT NBR 7215: 2019 and the capillary absorption following ABNT NBR 9779: 2012. The RCS results at 28 days demonstrated that the replacement content did not bring gains in relation to the reference mix, not meeting the resistance criteria specified by ABNT NBR 13281-2: 2023 for sealing masonry mortars (AAV) and for horizontal masonry fixing mortars (AAF). Meanwhile, the capillary water absorption results at 28 days demonstrated that the mix that uses rubber waste; expanded perlite and the combination of these materials demonstrated better results for capillary water absorption than the reference mix. These results indicate that, although rubber and perlite improve the impermeability of the mortars, they did not promote gains in mechanical resistance to be used in the studied mix as a partial replacement for fine aggregate. And that the value obtained does not allow for use as sealing masonry mortars or as wedging mortar.

Keywords: Sustainability; mechanical property; capillary absorption; sustainable mortar; alternative material; impermeability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a	–	Pneu inservível após peneiramento	16
Figura 1b	–	Perlita expandida após peneiramento.....	21
Figura 2	–	Ensaio de Resistencia à Compressão Simples.....	23
Figura 3	–	Difratograma da perlita expandida.....	37
Figura 4	–	Absorção Capilar x Altura de Ascensão Interna.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resistência à compressão simples da argamassa inorgânica para assentamento.....	16
Tabela 2	– Classes de uso e respectivos critérios de resistência à compressão da argamassa inorgânica AA.....	21
Tabela 3	– Teores de substituição utilizados nesta pesquisa.....	23
Tabela 4	– Teores de substituição utilizados nesta pesquisa.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCS	Resistência a Compressão Simples
AAV	Argamassa para Assentamento de Alvenaria de Vedação
AAE	Argamassa Destinada ao Assentamento de Blocos de Alvenaria Estrutural
AAF	Argamassa para Fixação Horizontal de Alvenaria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Argamassa Convencional x Argamassas Alternativa.....	16
3.2 Requisitos que as argamassas inorgânicas devem apresentar conforme a NBR 13.281/2023.....	18
3.2.1 Resistência à Água e Impermeabilidade.....	19
4 METODOLOGIA.....	21
4.1. Materiais.....	21
4.1.2 Beneficiamento do pneu inservível e da perlita expandida	21
4.2 Métodos.....	21
4.2.1 Moldagem das argamassas propostas.....	22
4.2.1 Caracterização química e mineralógica da perlita expandida	22
4.2.3 Determinação da resistência à compressão simples das argamassas	22
4.2.4 Determinação da absorção de água por capilaridade.....	23
5 RESULTADOS E DISCURSSÃO	25
5.1. Caracterização química e mineralógica da Perlita Expandida	25
5.2. Resistencia à Compressão Simples das argamassas estudadas	26
5.3. Absorção de água por capilaridade das argamassas estudadas	28
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores produtivos de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social, porém é causador de impactos ambientais negativos por demandar uso volumoso de recursos naturais e gerar grandes quantidades de resíduos sólidos (BRASILEIRO & MATOS, 2015). Concomitantemente esta geração apresenta capacidade de absorver no seu processo produtivo não só os resíduos que gera como os gerados por outras cadeias produtivas, após passarem por beneficiamento e processamentos que os transformam em matérias primas alternativas para atender as suas demandas, a exemplo do pneu inservível (CHEN *et al.*, 2022).

A utilização de resíduos industriais reciclados na produção de argamassas é uma prática que pode trazer diversos benefícios, como a redução do consumo de matérias-primas naturais, a diminuição da quantidade de resíduos encaminhados para aterros e a potencial melhoria das propriedades mecânicas das argamassas quando estes apresentam atividade pozolânica ou proporcionam o efeito *Filler* (FARIAS; ROCHA; CALDAS; TOLEDO FILHO, 2021).

O pneu inservível é um resíduo sólido por ter chegado ao fim da sua vida útil, só em 2023 foi gerado uma quantidade de aproximadamente 450 mil toneladas no Brasil (ABREMA). No país, a gestão de pneus inservíveis é regulamentada por diversas políticas públicas, destacando-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010). E também é regulamentada pelas Resoluções CONAMA nº 416/2009 e ANP nº 523/2014, que definem diretrizes para o descarte e destinação adequada desses materiais, especialmente no setor de combustíveis (BRASIL, 2009).

Pesquisas indicam que argamassas confeccionadas com resíduos de pneus inservíveis beneficiados através dos processos como trituração; moagem e peneiramento podem apresentar desempenho superior em comparação à argamassa convencional, pois observou-se que a energia de deformação diminuiu, enquanto a resistência à compressão simples (RCS) aumentou (ROSA *et al.*, 2022). Como foi verificado por estes autores o fator positivo do aumento da RCS e a diminuição da energia de deformação, e na literatura existente não há estudos da adição mineral nas argamassas alternativas confeccionadas com pneu inservível fazendo surgir a necessidade de verificar o comportamento de argamassas confeccionadas com pneu inservível triturado e perlita expandida.

À medida que a perlita expandida é um material leve com excelentes propriedades isolantes, podendo melhorar a capacidade de isolamento térmico e impermeabilidade da argamassa quando adicionada na sua formulação, o que é benéfico para proteção a possíveis manifestações patológicas (MACEDO *et al.*, 2023).

Nesta perspectiva, esta pesquisa apresenta relevância científica por promover a investigação da substituição parcial da areia por pneu inservível triturado e perlita expandida. E comparar o desempenho do uso concomitante destes materiais com o uso separadamente deles.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo analisar resistência à compressão simples (RCS) de argamassas confeccionadas com pneu inservível triturado e perlita expandida em substituição parcial ao agregado natural.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma análise comparativa entre o uso concomitante de pneu inservível triturado e perlita expandida em substituição parcial ao agregado natural com o uso separadamente de cada um destes materiais em argamassa 1:1:6 de cimento, cal e areia fina, utilizada para reboco.
- Efetuar a caracterização química e mineralógica da perlita expandida.
- Determinar a absorção de água por capilaridade das argamassas propostas nesta pesquisa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Argamassa Convencional x Argamassas Alternativa

A argamassa convencional é um dos materiais mais fundamentais e amplamente utilizados na construção civil, corresponda a uma matriz cimentícia que pode conter cal na sua composição quando o traço é denominado de misto, cuja principal função é unir os elementos de alvenaria, formando uma estrutura coesa e resistente (CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA, 2019).

A composição típica da argamassa convencional consiste em proporções bem definidas de cimento Portland, que atua como aglomerante, e areia, que funciona como material inerte, conferindo volume e trabalhabilidade à mistura. A água é adicionada para promover a hidratação do cimento, permitindo que a argamassa adquira a consistência desejada e propriedades de aderência adequadas (CUNHA, 2007).

Porém, foi acrescido a cal no traço da argamassa para otimização de sua utilização para reboco. Segundo Trentin *et al.* (2020) o uso da cal na argamassa melhora a trabalhabilidade, plasticidade e coesão, além de aumentar a durabilidade devido à carbonatação e retenção de água. A cal também favorece a permeabilidade ao vapor, sendo ideal para revestimentos em ambientes úmidos e na restauração de edificações históricas.

Tokarski *et al.* (2018) cita que a aplicação da argamassa convencional é vasta e abrange diversas etapas da construção, desde o assentamento de alvenaria até o revestimento de paredes e o preenchimento de juntas entre blocos. Ademais, pode ser utilizada em alvenaria estrutural.

No entanto, Souza *et al.* (2019) afirma que a qualidade e o desempenho da argamassa convencional estão diretamente relacionados à sua dosagem, mistura e aplicação adequadas conforme o uso, respeitando os requisitos mínimos exigidos para argamassas inorgânicas pela NBR 13.281 (ABNT, 2023).

Neste contexto, percebe-se que há a necessidade de efetuar um controle rigoroso durante o processo de confecção das argamassas convencionais viradas em obra para garantir a resistência, durabilidade e segurança das estruturas construídas com esse material (SHMID, 2011).

Já as argamassas alternativas são aquelas que surgem da crescente necessidade de soluções ecologicamente corretas para promover a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados nas mais diversas cadeias produtivas. Schiller *et al* (2022) afirma que as pesquisas voltadas para produção de materiais alternativos contribuem para a popularização dos objetivos do desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas, principalmente, em promover o consumo e produção sustentável no setor da construção civil.

Nesta perspectiva, encontra-se na literatura a verificação do uso da borracha inservível triturada para modificar as propriedades de argamassas. Tornando-se assim uma argamassa alternativa por utilizar na sua composição um material reciclado e uma mistura tradicional de cimento, areia e água. Quando combinada com borracha inservível triturada apresenta características distintas que podem ser benéficas para diversas aplicações é importante verificar através de pesquisas, pois se promove uma destinação adequada para estes resíduos (KURZ, 2017).

Um dos principais efeitos da adição de pó de borracha na argamassa é a redução da densidade do material. Além disso, a borracha confere maior elasticidade à argamassa, o que a torna mais flexível e menos suscetível a fissuras e rachaduras devido a movimentos estruturais ou variações térmicas (CANOVA *et al.*, 2015). Outro benefício significativo é a capacidade da argamassa modificada em absorver impactos e vibrações, uma característica que melhora o desempenho em áreas sujeitas a cargas dinâmicas ou choque (SEGRE, 1999).

Os benefícios ambientais e econômicos associados ao uso de pó de borracha são notáveis. Utilizar este material reciclado para modificar a argamassa não apenas reduz a quantidade de resíduos sólidos destinados a aterros, mas também diminui a necessidade de extrair e processar novos recursos naturais (MASSOLLA *et al.*, 2012). A economia resultante da substituição de matérias-primas virgens por resíduos reciclados pode reduzir os custos de produção e contribuir para a sustentabilidade econômica das obras de construção.

No entanto, a adoção desta tecnologia não está isenta de desafios. A compatibilidade entre o pó de borracha e o cimento é uma preocupação crucial, pois a interação entre esses materiais pode afetar a hidratação e a resistência final da argamassa. A proporção ideal de pó de borracha e a granulometria das partículas devem ser rigorosamente controladas para garantir um desempenho adequado do material (RODRIGUES *et al.*, 2013). Além disso, a variabilidade das propriedades do pó de borracha, que pode variar com base na origem e no processo de

reciclagem, pode resultar em inconsistências na qualidade da argamassa final (NAVARINI KURZ *et al.*, 2018). A durabilidade da argamassa com pó de borracha também é uma área de preocupação, exigindo estudos contínuos para avaliar a resistência ao desgaste e a estabilidade ao longo do tempo.

3.2 Requisitos que as argamassas inorgânicas devem apresentar conforme a NBR 13.281/2023

A produção de argamassas inorgânicas para uso na construção civil deve atender aos requisitos de desempenho determinados pela NBR 13281-2 (ABNT,2023), logo os fabricantes e responsáveis técnicos devem seguir as especificações desta norma para garantir a qualidade de tais materiais na execução das obras, pois para cada uso tem parâmetros a serem utilizados como se percebe na divisão dela em duas partes (a primeira trata sobre as argamassas a serem usadas em revestimentos de paredes e tetos e a segunda em argamassa para assentamento e para fixação de assentamento).

A NBR 13.281-2 (ABNT,2023) apresenta estes requisitos normativos tanto para argamassas produzidas em canteiro quanto para aquelas fornecidas de forma industrializada, exigindo a realização de ensaios e a manutenção de registros que confirmem o atendimento aos critérios de desempenho estabelecidos. Nesta pesquisa, destacar-se-á os parâmetros normativos utilizados para avaliar o desempenho das argamassas no estado endurecido, logo a pesquisa será direcionada para argamassa de assentamento e para fixação de alvenarias.

A Tabela 01 apresenta a resistência à compressão simples para argamassa de assentamento de alvenaria de vedação (AAV); assentamento de alvenaria estrutural (AAE) e para argamassa para fixação horizontal de alvenaria (AAF) no estado endurecido.

Tabela 01 – Resistência à compressão simples da argamassa inorgânica para assentamento

Requisito	Unidade	Critérios por tipo de argamassa			
		AAV	AAE	AAF	Método de ensaio
Resistência à compressão simples (f_a)	MPa	$2,0 \leq f_a < 5,0$	Tabela 02	$1,5 \leq f_a < 5,0$	ABNT NBR 13279

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2023)

A Tabela 02 apresenta as classes de uso para assentamento de unidades de alvenaria estrutural (AAE) e os respectivos valores para resistência à compressão simples (RCS).

Tabela 02 – Classes de uso e respectivos critérios de resistência à compressão da argamassa inorgânica AAE

Classes de uso	Classe de resistência a compressão da argamassa (f_a) ^b MPa	Sugeridas para as seguintes faixas de uso em relação à resistência do bloco (fbk) MPa
AAE5	$5,0 \leq f_a < 8,0$	$3 \leq f_a \leq 6$
AAE8	$8,0 \leq f_a < 12,0$	$8 \leq f_a \leq 10$
AAE12	$12,0 \leq f_a < 16,0$	$12 \leq f_a \leq 16$
AAE16	$16,0 \leq f_a < 20,0$	$18 \leq f_a \leq 20$
AAE20	$20,0 \leq f_a < 24,0$	$12 \leq f_a \leq 24$
AAEE (Especial)	$f_a \geq 24,0$	c

a Valores de resistência estabelecidos considerando situações de uso em alvenaria estrutural de edifícios com paredes revestidas. Para outras situações de uso não consideradas nessas classes, por exemplo, alvenarias não revestidas, arrimos e reservatórios, recomenda-se utilizar argamassas inorgânicas com resistência à compressão superior ao considerado

b Resistência à compressão (f) especificada pelo valor médio e coeficiente de variação inferior a 20 %.

c Argamassas acima de 24 MPa são consideradas especiais, ficando sujeitas à especificação para cada obra por especialistas.

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2023)

A RCS está relacionada à capacidade da argamassa de suportar esforços de compressão, os quais ocorrem com frequência em alvenarias, que são submetidas ao peso das estruturas acima delas. A norma estabelece valores mínimos de resistência à compressão que as argamassas devem atingir após um período de cura (FIORITI *et al.*, 2004).

O primeiro requisito abordado pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023) refere-se à composição das argamassas inorgânicas, que devem ser constituídas por aglomerantes, agregados minerais, água e, eventualmente, aditivos que modifiquem suas propriedades, de modo a assegurar um desempenho adequado tanto em termos de trabalhabilidade quanto de durabilidade.

Os aglomerantes mais comuns são o cimento *Portland*, a cal hidratada e o gesso, materiais que reagem quimicamente com a água para formar produtos de endurecimento capazes de gerar resistência à argamassa. Enquanto, os agregados minerais, como areia natural ou artificial, devem ser selecionados com base em sua granulometria e pureza (MALTA *et al.*, 2014).

3.2.1 Resistência à Água e Impermeabilidade

A resistência à água e a impermeabilidade são requisitos fundamentais para garantir a durabilidade das argamassas inorgânicas em condições expostas, como as usadas em áreas externas ou em regiões de alta umidade, pois estas áreas exigem que a argamassa seja capaz de repelir a água e minimizar a absorção de umidade, evitando assim a deterioração precoce (SILVA; CORREIA., 2021).

A NBR 13281-2 (ABNT, 2023) estabelece critérios para avaliar a capacidade de absorção de água por capilaridade e a resistência ao intemperismo das argamassas, a exemplo de ensaios específicos para medir a taxa de absorção de água sob diferentes condições, garantindo que o material seja adequado para aplicações externas ou em ambientes que demandem maior proteção contra a umidade.

Bernardo *et al.* (2020) afirmam que quanto menor o valor da absorção de água por capilaridade melhor comportamento a resistência à água e a impermeabilidade a argamassa apresenta. A umidade por capilaridade é aquela decorre do solo úmido que ascende pelos poros capilares dos materiais constituintes das fundações, dos baldrame e alvenarias das edificações devido às condições. Nesta perspectiva, Bernardo *et al.* (2020) destacam a importância de investigar a absorção de água por capilaridade das argamassas para se garantir a durabilidade delas.

A escolha apropriada da argamassa com base nas propriedades de resistência à compressão simples e absorção de água por capilaridade para garantir a durabilidade e o desempenho dela em uso durante a vida útil da edificação.

4 METODOLOGIA

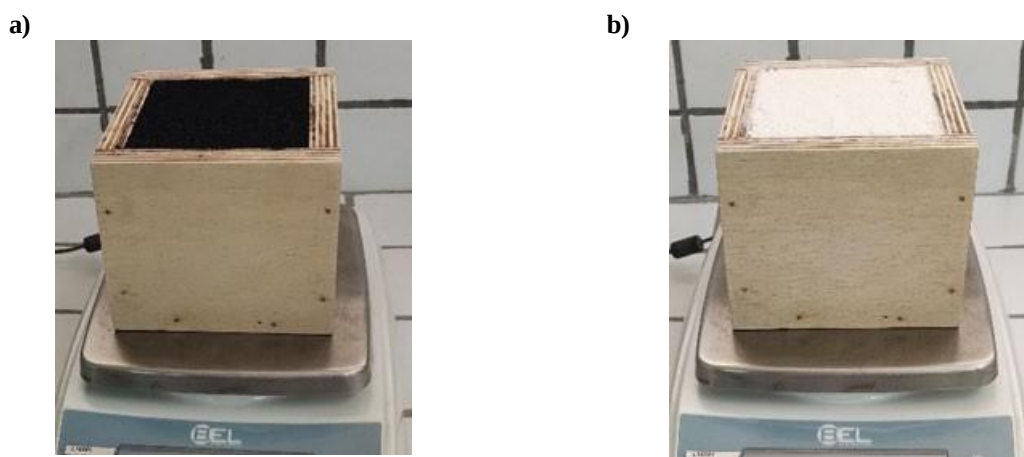
4.1. Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: cimento Portland CP II-E-32; cal hidratada dolomítica; areia comercializada no município de Mossoró/RN; pneu inservível já triturado e perlita expandida.

4.1.2 Beneficiamento do pneu inservível e da perlita expandida

O pneu inservível foi adquirido triturado no município de Mossoró/RN, levado para o Laboratório de Materiais de Construção - LEMAT da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA onde passou pelo processo de peneiramento em peneira da ABNT de abertura de malha nominal de 300 μm (Figura 1a). Enquanto, a perlita expandida passou pelo peneiramento em peneira da ABNT de abertura de malha nominal de 150 μm (Figura 1b) para ficarem na granulometria de agregado miúdo e assim substituírem parcialmente a areia convencional nestas frações granulométricas, conforme a série normal indicada na NBR 7211 (ABNT,2005).

Figura 1: a) pneu inservível após peneiramento b) perlita expandida após peneiramento



Fonte: Autoria própria (2024)

4.2 Métodos

4.2.1 Moldagem das argamassas propostas

Foram moldados 16 corpos de prova cilíndricos com dimensões (50 X 100 mm) para o traço 1:1:6 com teores de substituição parcial indicados na Tabela 03, a quantidade de água foi determinada para se obter a consistência padrão ($260 \pm 10\text{mm}$). Após a moldagem, eles foram curados por período de 48h em câmara úmida com 100% de umidade relativa. Logo depois, desmoldados e colocados em cura úmida por 28 dias conforme metodologia proposta por Araújo *et. al* (2021) em sua pesquisa.

Tabela 03: Teores de substituição utilizados nesta pesquisa

Materiais utilizados	Traço	Teor de substituição
Cimento Portland: Cal: Areia	1:1:6	—
Cimento Portland: Cal: Pneu inservível: Areia	1:1:6	5% Borracha
Cimento Portland: Cal: Perlita Expandida: Areia	1:1:6	5% Perlita
Cimento Portland: Cal: Pneu inservível: Perlita Expandida: Areia	1:1:6	5% Borracha e 5% Perlita

Fonte: Autoria Própria (2024)

4.2.1 Caracterização química e mineralógica da perlita expandida

A composição química dos materiais foi determinada por meio da espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), usando o modelo Shimadzu EDX-720 para obtenção dos óxidos presentes na composição das amostras.

A caracterização mineralógica foi realizada utilizando a difração de raios X (DRX) que consiste em uma análise qualitativa capaz de identificar as fases mineralógicas presentes na amostra. Para esta análise, as amostras são colocadas em porta amostra de alumínio e depois no Difrátômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30mA, modo de escaneamento por passos (fixed time scan), com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s, com ângulo 2θ percorrido de 5° a 60° . Estas análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia dos Materiais – LTM da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

4.2.3 Determinação da resistência à compressão simples das argamassas

A resistência à compressão simples (RCS) foi determinada conforme NBR 7215 (ABNT, 2019) aos 28 dias (Figura 2). O ensaio de RCS foi realizado em máquina EMIC DL - CCE 100K EMIC DL - CCE 100K, localizada no Laboratório de Mecânica, no prédio CE - Centro de Engenharias da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA), campus Mossoró.

Figura 2: Ensaio de Resistência à Compressão Simples



Fonte: Autoria própria (2024)

A máquina EMIC DL - CCE 100K foi calibrada previamente para garantir a precisão dos resultados, e todos os procedimentos de preparação, cura e ruptura dos corpos de prova seguiram estritamente as orientações da NBR 7215 (ABNT, 2019), assegurando a reprodutibilidade e a confiabilidade dos dados obtidos. O cálculo da resistência à compressão simples para cada corpo de prova é determinado utilizando a seguinte equação 1.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- f_c é a resistência à compressão simples (MPa),
- P é a carga máxima registrada no momento da ruptura (N),
- A é a área da seção transversal do corpo de prova (mm²).

4.2.4 Determinação da absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade para os corpos de prova foi determinada após a cura deles por 28 dias, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 9779 (ABNT, 2012),

que especifica o método para avaliar a capacidade de materiais porosos, como argamassas e concretos, de absorver água pela ação capilar.

Após o período de cura, os corpos de prova foram secos em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante, procedimento necessário para garantir que a absorção de água medida fosse devida exclusivamente à ação capilar. A verificação da massa constante foi feita por meio de pesagens periódicas, conforme recomendado pela NBR 9779 (ABNT, 2012).

Em seguida, os corpos de prova foram parcialmente imersos em água, com a profundidade de imersão de cerca de 5 mm da face inferior. Durante o ensaio, foram retirados em intervalos de tempo específicos (3h, 6h, 24h, 48h e 72h), e suas massas foram medidas logo após serem levemente secos para remover o excesso de água na superfície.

A absorção de água por capilaridade foi calculada com base no aumento de massa em relação à área em contato com a água e ao tempo de imersão, expressando-se os resultados em g/cm^2 . Através da equação 2:

$$C = \frac{M_{(t)} - M_0}{A} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

C é absorção de água por capilaridade, em g/cm^2 .

$M_{(t)}$ massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período especificado, em g.

M_0 é a massa do corpo-de-prova seco, assim que este atingir a temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, em g.

A é área da seção transversal, em cm^2 .

5 RESULTADOS E DISCURSSÃO

5.1. Caracterização química e mineralógica da Perlita Expandida

A Tabela 04 apresenta a composição química da Perlita Expandida, percebe-se que há predominância da SiO_2 (74,28%) e Al_2O_3 (15,66%). Corroborando com o resultado obtido na sua caracterização mineralógica (Figura 3).

Tabela 04: Composição química da Perlita Expandida

Componentes químicos (%)	PE
SiO_2	74,28
Al_2O_3	15,66
K_2O	5,39
Na_2O	2,41
CaO	0,97
Fe_2O_3	0,79
Outros óxidos	0,50
$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq.}}^*$	5,96

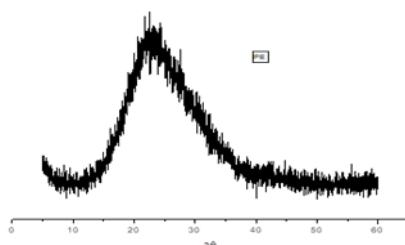
$$^* \text{Na}_2\text{O}_{\text{eq.}} = \% \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \% \text{K}_2\text{O}$$

Fonte: Autoria própria (2024)

A caracterização química obtida comprova o uso dado a perlita expandida nesta pesquisa, que ocorreu com intuito de modificar a granulometria do agregado convencional para melhorar o empacotamento da matriz cimentícia, pois de acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014) ela não pode ser considerada como material pozolânico porque álcalis disponíveis em Na_2O máxima de 1,5 % e a perlita apresentou 5,96% (Tabela 04).

A Figura 03 apresenta o difratograma da perlita expandida, pode-se observar que corresponde a formação de uma banda larga na faixa entre 15 e 35 2θ , ela é característica de material amorfo (não cristalino).

Figura 3: Difratograma da perlita expandida



Fonte: Autoria própria (2024).

Os resultados obtidos para caracterização química e mineralógica se assemelham aos obtidos em estudos desenvolvidos por Araújo *et al.* (2021).

5.2. Resistência à Compressão Simples das argamassas estudadas

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para resistência à compressão simples das argamassas alternativas confeccionadas com perlita e resíduo de borracha.

Tabela 5 – Resistência à Compressão Simples aos 28 dias

CORPO DE PROVA	TRAÇO	RCS (MPa)	RCS MÉDIA (MPa)	DESVIO PADRÃO
CP 01	1:1:6 com 5% de borracha	0,91	1,04	(±) 0,25
CP 02	1:1:6 com 5% de borracha	1,04		
CP 03	1:1:6 com 5% de borracha	1,40		
CP 01	1:1:6 com 5% de Perlita Expandida	0,98	1,41	(±) 0,39
CP02	1:1:6 com 5% de Perlita Expandida	1,75		
CP 03	1:1:6 com 5% de Perlita Expandida	1,41		
CP 01	1:1:6 com 5% de borracha e 5% de PE	1,17	1,32	(±) 0,1
CP 02	1:1:6 com 5% de borracha e 5% de PE	1,32		
CP 03	1:1:6 com 5% de borracha e 5% de PE	1,37		
CP01	1:1:6 (referência)	1,69	1,69	(±) 0,19
CP 02	1:1:6 (referência)	1,60		
CP 03	1:1:6 (referência)	1,96		

Fonte: Autor (2024)

Observa-se na Tabela 5 que o traço teor de substituição de 5% de perlita expandida foi o que apresentou o melhor desempenho quando comparado ao traço de referência, ainda que tenha registrado um nível redução em relação a este.

O traço de referência, utilizado como base comparativa, obteve resistência de 1,69 MPa, enquanto o traço com 5% de perlita alcançou 1,41 MPa, representando uma redução percentual de aproximadamente 16,57%. É importante destacar que o traço com 5% perlita em substituição parcial ao agregado convencional não atendem a resistência mínima para ser usado como AAV e nem como AAF, pois as resistências mínimas para cada uso de acordo com a NBR 13.281-2 (ABNT, 2023) são 2,0 MPa e 1,5MPa, respectivamente.

O traço com 5% de borracha, por outro lado, apresentou uma resistência de 1,04 MPa, o que indica uma queda significativa de aproximadamente 38,46% em relação ao traço de referência. Esse resultado reflete o efeito mais pronunciado da substituição de borracha, cujas características elásticas e de baixa densidade comprometem a capacidade da argamassa de

resistência às forças compressivas. A borracha, ao introduzir propriedades de amortecimento e flexibilidade, acaba afetando a integridade estrutural da argamassa, diminuindo sua capacidade de suportar cargas elevadas. A redução significativa da resistência à especificação nesse traço evidencia que a borracha, apesar de suas vantagens em termos de sustentabilidade e reutilização de resíduos, pode ser usada para aplicações que desbloqueiam maior desempenho mecânico.

O traço contendo a substituição conjunta de 5% de borracha e 5% de perlita expandida apresentou uma resistência de 1,32 MPa, o que corresponde a uma redução de 21,89% em comparação ao traço de referência. A interação entre os dois aditivos, borracha e perlita, resulta em um efeito combinado que, embora moderado, ainda compromete a resistência da argamassa. Nesse caso, a combinação de propriedades como a leveza da perlita e a elasticidade da borracha parece afetar a coesão da argamassa de forma significativa, mas não tão importante quanto a substituição de borracha isoladamente. No entanto, a redução observada neste traço indica que, mesmo com a presença da perlita, as características negativas da borracha continuam a influenciar o desempenho mecânico do composto.

A partir dos dados obtidos, podemos avaliar o desempenho de cada traço com base nos critérios estabelecidos pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023), que regulamenta os requisitos mínimos de resistência às especificações para argamassas. A norma especifica que, para argamassas do tipo AAE (argamassa para assentamento de blocos de alvenaria estrutural), a resistência mínima à compressão deve ser de 5,0 MPa, enquanto para argamassas do tipo AAF (argamassa para fixação horizontal de alvenaria), a resistência mínima deve ser de 1,5MPa. Comparando os resultados experimentais com esses critérios normativos, o traço de referência, que obteve uma resistência de 1,69 MPa, atende aos requisitos para argamassas AAF, porém não alcança o valor mínimo exigido para argamassas AAE, que exige resistência superior a 5,0 MPa. Assim, o traço de referência é mostrado adequado para algumas aplicações, mas não para todas as funções previstas na norma.

Já o traço com a substituição de 5% de borracha, que apresentou uma resistência de 1,04 MPa, está abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023), tanto para argamassas AAE quanto para AAF. Isso significa que este traço não atende aos requisitos normativos e, portanto, não seria adequado para aplicações onde a resistência mecânica é um fator determinante. O mesmo ocorre com o traço contendo 5% de perlita expandida, que, apesar de ser o que menos se mudou do desempenho do traço de referência, alcançou uma resistência de 1,41 MPa, o que também não atende aos critérios mínimos para argamassas AAE e AAF.

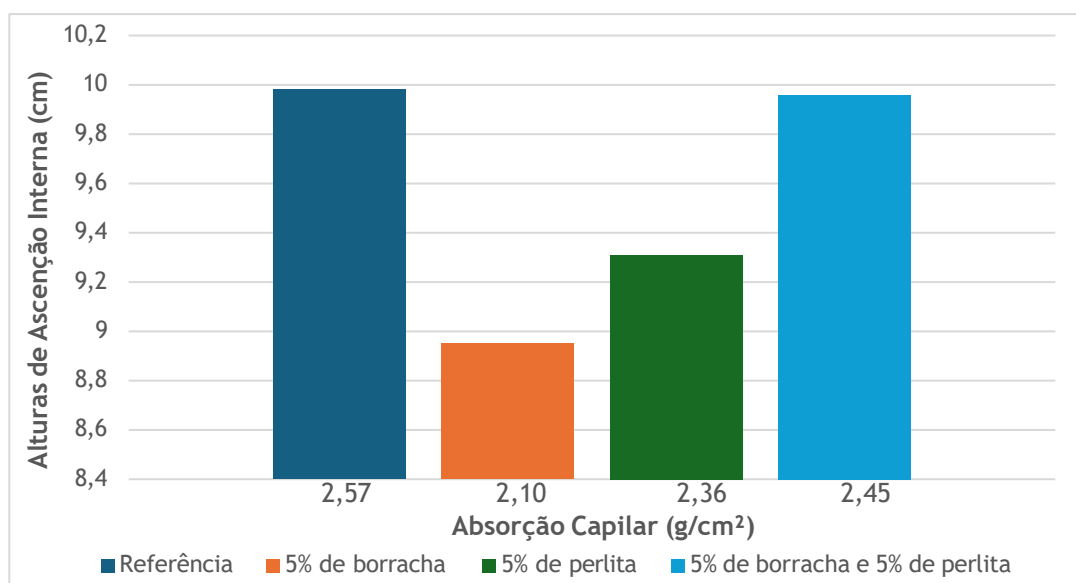
Assim, esse traço também não poderia ser utilizado em situações que exigem o cumprimento estrito das exigências normativas.

Por fim, o traço que combina 5% de borracha com 5% de perlita em substituição parcial ao agregado, com resistência de 1,32 MPa, segue o mesmo padrão, não atendendo aos requisitos de resistência estabelecidos pela NBR 13281-2.

5.3. Absorção de água por capilaridade das argamassas estudadas

A Figura 4 apresenta os valores obtidos para absorção de água por capilaridade das argamassas estudadas e suas respectivas alturas de ascensão capilar Interna.

Figura 4: Absorção Capilar x Altura de Ascensão Interna



Fonte: Autoria Própria (2024)

Com base nos resultados obtidos sobre a amostragem de água por capilaridade das argamassas investigadas (Figura 4), percebe-se que as argamassas com resíduo, com perlita e com resíduo e perlita juntos obtiveram melhor comportamento que a argamassa referência.

O traço com 5% de borracha em substituição parcial ao agregado apresentou menor absorção por capilaridade (2,10 g/cm²), correspondendo a uma redução percentual de 18,3% em comparação ao traço de referência. Além disso, a altura de ascensão da água por capilaridade também foi reduzida para 8,95 cm, representando uma melhoria significativa na impermeabilidade da argamassa. Essa redução pode ser explicada pela capacidade da borracha

de alterar a estrutura dos poros da argamassa, criando uma barreira à propagação da água (NAVARINI KURZ, M. *et al*, 2018).

O traço com 5% de perlita expandida em substituição parcial ao agregado apresentou menor absorção por capilaridade (2,36 g/cm²), correspondendo a uma redução percentual de 8,2% em relação ao traço de referência. Porém, a altura de ascensão capilar não apresentou uma redução significativa.

Enquanto, o traço que combinou 5% de borracha e 5% de perlita apresentou absorção por capilaridade (2,45 g/cm²) bem próxima ao valor da obtida pela de referência. Logo, os resultados demonstram que em relação a este parâmetro o melhor traço é o que utiliza apenas 5% de borracha inservível em substituição parcial ao agregado convencional.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa para argamassas confeccionados com borracha inservível e perlita expandida em substituição parcial ao agregado convencional levam as seguintes conclusões:

- A perlita expandida não pode ser classificada como material pozolânico porque não atende a especificação da NBR 12653 (ABNT, 2014) de apresenta uma porcentagem de álcalis disponíveis em Na_2O máxima de 1,5 %.
- Os teores de substituição parcial de 5% de borracha inservível; de 5% de perlita expandida e do uso concomitante da borracha inservível e da perlita expandida quanto o parâmetro de avaliação de desempenho é a resistência à compressão simples, estas não atendem as especificações de desempenho determinadas pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023).
- As argamassas propostas não podem ser usadas como argamassa de assentamento de alvenaria de vedação e nem como argamassa para fixação horizontal de alvenaria.
- Os teores de substituição parcial de 5% de borracha inservível; de 5% de perlita expandida e do uso concomitante da borracha inservível e da perlita expandida quanto o parâmetro de avaliação de desempenho é a absorção por capilaridade apenas o traço que faz o uso concomitante não apresentou melhor desempenho que a argamassa de referência.
- O traço que usa 5% de borracha inservível em substituição ao agregado é o que apresentou melhor resultado em relação a absorção por capilaridade, acredita-se que devido este material apresentar capacidade de alterar a estrutura dos poros da argamassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais Pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281-2: Argamassa inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaio. Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. Rio de Janeiro, 2023.

ABREMA. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/>. Acesso em: 25 out. 2024.

ARAÚJO, F. M., ET AL. Perlita expandida como material cimentício suplementar em argamassas alternativas. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, v. 10, p. e121101018395, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18395> . Acesso em: 2024..

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2023, Manuais, Projetos, Pesquisas de Engenharia Ambiental 2023**. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-2023/11436676/> . Acesso em: 19 set. 2024.

BERNARDO, H. M.; ROMANO, R. C. de O.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. G. **Efeito da absorção de água e do tipo de substrato no desempenho de argamassa de revestimento nos estados fresco e endurecido**. Ambiente Construído, 20(3), 493–511, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300441>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 416, 30 de setembro de 2009, IBAMA, Brasília (2009).

BRASIL. Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. (2010).

BRASILEIRO, L.L. ET AL. Revisão bibliográfica: Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição na indústria da Construção Civil. CERÂMICA, P. 178-189, 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/ac/a/jrpd3kvzx5y5bnyt3hvhhf/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 2024.

CANOVA, J. A.; BERGAMSCO, R.; DE ANGELIS NETO, G. **Pó de borracha de pneus inservíveis em argamassa de revestimento**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 10(3). DOI: <https://doi.org/10.5216/reec.v10i3.32980>

CHEN, Rongjie et al. Hydrothermal Liquefaction of Scrap Tires: **optimization of reaction conditions and recovery of high value-added products**. *Frontiers In Energy Research*, [S.L.], v. 10, p. 1-10, 15 fev. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fenrg.2022.841752>.

CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA. **Argamassa pronta na Construção Civil**. Disponível em: <https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2015/08/24/argamassa-pronta-na-construcao-civil/>. Acesso em: 25 mar. 2024.

CUNHA, V. J. F. C. **Análise da influência da especificação de materiais**. 2011, 177f. Dissertação (mestrado) – Universidade do Porto, Porto. Disponível em: http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/cdn/especializacoes/34_000149271.pdf. Acesso em: 25 de outubro de 2024.

FARIAS, L.; ROCHA, J.; CALDAS, L.; TOLEDO FILHO, R. **Avaliação dos Impactos Ambientais de Concretos e Argamassas Contendo Materiais Cimentícios Suplementares (MSC) e Agregados Reciclados (AR) por meio da avaliação do ciclo de vida (ACV): Uma Revisão da Literatura**. ANAIS IV EURO ELECS, p. 292-301, 2021.

FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. R. **Fabricação de blocos estruturais de concreto com resíduos de borracha de pneus**. *Holos Meio Ambiente*, v. 4 n. 2, p. 145, 2004.

KURZ, M. N. **Análise da potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu, em argamassa de revestimento externo, na cidade de Pelotas/RS**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, 2017.

MACEDO, J.; PIPOLO, L.; RAMOS FILHOS, R.; SOUZA, J.; SILVA, V.; ACCHAR, W. **Argamassas produzidas com resíduos de scheelita e pó de pedra: Uma Revisão Sistemática da Literatura**. *Revista Principia*, v. 2, p. 166-183, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6092>.

MALTA, J. O.; SILVEIRA, V. S.; GONÇALVES, J. P.; TOLEDO FILHO, R. D. **Influência da pré-saturação do agregado miúdo reciclado na viscosidade e resistência à compressão de argamassas**. *Ambiente Construído*, 14(1), 85–98, 2014. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000100008>

MASSOLLA, D. A. O.; TORTURELI DE SÁ, M. R.; VALLE, R. M. do; BASTOS, P. K. X. **Estudo do uso de resíduo de borracha proveniente da recauchutagem de pneus em argamassas de revestimento**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - XIV ENTAC, Juiz de Fora, 2012.

NAVARINI KURZ, M. et al. **Argamassa com resíduo de borracha: Propriedades físicas e mecânicas.** Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 5, n. 1, p. 9, 2018.

NEHDI, M.; KHAN, A. **Compósitos cimentícios contendo borracha de pneu reciclada: uma visão geral das propriedades de engenharia e aplicações potenciais**. Cimento, concreto e agregados, CCAGDP, v. 23, n. 1, pp. 3–10, 2020.

RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C. **Resistência à variação a altas temperaturas do betão com agregados reciclados de borracha de pneu**. In: Congresso Ibero Latino Americano sobre Segurança contra Incêndio, pp. 409-418, Coimbra, 2013.

ROSA, D.; MORAIS, M.; QUEIROZ, D.; BRANDÃO, eu.; ALMEIDA, LUCAS; JESUS, A. **Comportamento de Argamassa de Assentamento com Incorporação de Resíduo de Borracha em Pó**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 3, p. 179-187, 2022.

SCHILLER, A. P. S.; PINZ, F. P.; KURZ, M. N.; PALIGA, C. M.; TORRES, A. da S. **Análise comparativa de argamassas alternativas produzidas com diferentes tipologias de resíduos**. Research, Society and Development, 11(13), e405111335668.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35668>

SHMID, A. G. **Argamassa estabilizada, uma importante ferramenta para melhorar a sustentabilidade na construção**. 53º Congresso Brasileiro de Concreto, Florian

