

SUBMETIDO 22/06/2021

APROVADO 01/10/2021

PUBLICADO ON-LINE 10/10/2021

PUBLICADO 30/03/2023

EDITORA ASSOCIADA

Nelma Mirian Chagas Araújo Meira

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6092>

ARTIGO ORIGINAL

Argamassas produzidas com resíduos de scheelita e pó de pedra: uma revisão sistemática da literatura

 Jeandson Willck Nogueira de Macedo ^{[1]*}

 Lisieux Feitosa Gondim Pipolo ^[2]

 Ricardo Eugênio Barbosa Ramos Filho ^[3]

 Jonatas Macêdo de Souza ^[4]

 Vamberto Monteiro da Silva ^[5]

 Wilson Acchar ^[6]

[1] jeandson_ufrn@hotmail.com

[2] lisieuxf@yahoo.com.br

[3] ricamosf30@ufrn.edu.br

[4] jonatasms2@hotmail.com

[6] wacchar@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil

[5] vambertomonteirodasilva@yahoo.com.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Brasil

RESUMO: Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de aprimorar tecnologias que substituam os agregados naturais por resíduos. Muitas dessas pesquisas são destinadas à incorporação de subprodutos de britagem de rocha e do beneficiamento da scheelita que, comumente, são estocados ao ar livre, ocupando grandes áreas e provocando impactos diversos ao meio ambiente. Embora exista na literatura um número significativo de pesquisas demonstrando que a inserção desses resíduos na produção de argamassas melhora suas propriedades, são escassos os trabalhos destinados à compilação, classificação e análise dessas publicações. Com a proposta de preencher essa lacuna, assim como melhor compreender o estado da arte, o presente trabalho buscou contribuir para o estudo da incorporação desses resíduos na produção de argamassas, através de uma revisão sistemática da literatura, objetivando nortear futuras análises. A maioria das pesquisas com argamassas de pó de pedra selecionadas foram oriundas da região sul do Brasil, com destaque para o estado do Paraná, enquanto os estudos com argamassas de scheelita restringiram-se aos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. A utilização do resíduo de scheelita e do pó de pedra em substituição à areia natural pode melhorar significativamente a maioria das propriedades físicas e mecânicas das argamassas, especialmente quando realizadas incorporações e ajustes granulométricos para o melhor empacotamento das partículas.

Palavras-chave: areia artificial; argamassa; resíduo; RSL; scheelita.

Mortar produced with scheelite and stone powder: a systematic literature review

ABSTRACT: Several scientific researches have been developed with the objective of improving technologies that replace natural aggregates by waste materials. Many of these researches target the incorporation of by-products of rock crushing and scheelite processing, which are commonly stored outdoors, occupying large areas, and leading to different environmental impacts. Although

*Autor para correspondência.

the insertion of these materials in mortar production has been widely demonstrated to improve mortar properties, there are few studies compiling, classifying and analysing researches on this topic. With the purpose of filling this gap, as well as better understanding the state of the art, this systematic literature review sought to contribute to the study of the incorporation of these residues in mortar production aiming at guiding future analyses. Most of the selected researches using crushed stone powder come from the South region of Brazil, with emphasis on the state of Paraná, while the studies with scheelite mortar are restricted to the states of Paraíba and Rio Grande do Norte, both located in the Northeastern Brazil. The use of scheelite residue and stone powder in place of natural sand can significantly improve most of the physical and mechanical mortar properties, especially when making incorporation and granulometric adjustments for better packing of the particles.

Keywords: artificial sand; mortar; residue; SLR; scheelite.

1 Introdução

A indústria da construção civil tem papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de qualquer país, seja pela oferta de habitações e infraestrutura, seja pela geração de empregos e renda. O setor promove a expansão de áreas estratégicas para o crescimento das cidades, como a construção de moradias, rodovias, redes de saneamento, que possibilitam melhores condições de saúde e qualidade de vida à população.

Por outro lado, em virtude da elevada emissão de poluentes, da extração de recursos naturais e da alta geração de resíduos, a construção civil pode ser considerada como uma das indústrias que mais degradam o meio ambiente. Diferentemente de outras indústrias, a construção civil possui um ciclo de produção mais abrangente, que envolve diversos setores produtivos, contemplando desde a exploração da matéria-prima ao transporte, incluindo a fase de construção, utilização e demolição (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Assim, a adoção de práticas sustentáveis, como a preservação dos recursos naturais, a redução das perdas e a incorporação de novos materiais residuais, é fundamental para a mitigação dos impactos gerados pela indústria da construção.

Com o aumento das cidades e o fenômeno da urbanização evidenciado nas últimas décadas, a construção civil elevou consideravelmente o consumo de recursos naturais, com destaque para os agregados naturais. A maior parte dos agregados miúdos consumidos no Brasil são extraídos dos leitos dos rios, promovendo danos ao meio ambiente como o assoreamento dos rios, a erosão, a supressão da vegetação (NOBRE FILHO *et al.*, 2011); a degradação visual da paisagem, do solo, do relevo; a poluição do ar e a contaminação do lençol freático (DIAS, 1999).

Sendo a indústria da construção responsável pela maior parte do consumo desses materiais, evidencia-se a necessidade de encontrar alternativas sustentáveis que promovam redução do consumo dos agregados naturais, o que motiva o desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de aprimorar tecnologias que substituam esses agregados por resíduos. Muitos desses estudos são destinados à incorporação de resíduos de britagem de rocha (como o pó de pedra) e do beneficiamento da scheelita (CaWO_4) na construção civil, especialmente para a produção de concretos e argamassas.

O pó de pedra (PDP) é um material de diâmetro inferior a 4,75 mm originário da britagem de rochas (BAUER, 1995), geralmente de formato anguloso e superfície áspera (ANDRIOLO, 2005), que representa cerca de 15% a 20% do total de rocha britada (DUARTE, 2013). No Brasil, é utilizado, sobretudo, na produção de argamassas industrializadas e concretos (DRAGO *et al.*, 2009); no entanto, ainda é pouco utilizado em obras convencionais. Comumente depositado ao ar livre, em grandes volumes, esse subproduto pode provocar diversos impactos ambientais e sociais, além de danos à saúde em virtude da poluição do ar (BACCI; LANDIM; ESTON, 2006).

Por sua vez, o resíduo de scheelita (RS) é um subproduto de formato arredondado, parecido com a areia natural, obtido no processo de beneficiamento da scheelita para extração do minério tungstênio (W) (MEDEIROS *et al.*, 2019). O estado do Rio Grande do Norte concentra as maiores reservas de scheelita de tungstênio do Brasil, com destaque para a mina Brejuí, situada no município de Currais Novos, considerada a maior mineradora de exploração de scheelita da América do Sul.

Durante a extração da scheelita, são geradas toneladas de resíduos sólidos que são estocadas ao ar livre, ocupando grandes áreas. Estima-se que, atualmente, na mina Brejuí, exista na ordem de 6,5 milhões de toneladas de resíduos da produção de scheelita (RAMOS FILHO, 2021), formando pilhas volumétricas, que modificam a estética da paisagem natural e causam inúmeros danos ao meio ambiente e à saúde das pessoas (GERAB, 2014).

A incorporação desses resíduos na fabricação de concretos e argamassas pode promover vantagens econômicas, agregando valor a um produto residual, e, principalmente, reduzir os impactos causados tanto pela indústria da mineração quanto pela exploração de areia nos leitos dos rios. Nessa perspectiva, diversos estudos vêm sendo realizados buscando ratificar a viabilidade técnica do uso do pó de pedra como agregado em concretos (BENYAMINA *et al.*, 2019; SHEN *et al.*, 2018) e argamassas (KAZMIERCZAK *et al.*, 2016; MATTANA *et al.*, 2012; TOKARSKI *et al.*, 2018), comprovando o seu potencial; e do resíduo de scheelita em permuta da areia natural (AN) no concreto (PAIVA, 2013) e nas argamassas (MEDEIROS, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019), apresentando resultados promissores.

No entanto, embora exista na literatura um grande número de pesquisas que tratam da incorporação desses resíduos na produção de concretos e argamassas, principalmente com o pó de pedra, são escassos os trabalhos direcionados à classificação e compilação dessas publicações, o que torna, para o pesquisador, a seleção de material bibliográfico uma tarefa muitas vezes exaustiva e complexa.

Com a proposta de preencher essa lacuna do conhecimento e melhor compreender o cenário atual das pesquisas sobre o tema, o presente trabalho buscou contribuir para o estudo da incorporação do RS e do PDP como agregados na confecção de argamassas de cimento Portland, através de uma revisão sistemática da literatura (RSL) em cinco das principais plataformas acadêmicas (Science Direct, Scopus, Web of Science, Engineering Village e Google Scholar), objetivando discutir as principais características das argamassas produzidas com esses subprodutos, assim como identificar as tendências dos estudos, as origens das publicações e suas lacunas, com o propósito de nortear futuras pesquisas.

A seguir, são apresentados a metodologia; os resultados e as discussões; e, por fim, as conclusões.

2 Método da pesquisa

O corrente estudo tem como método a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com base na metodologia apresentada por Vaz e Carasek (2019). A RSL propicia a determinação das questões centrais da pesquisa através do levantamento de dados, orientando os critérios de seleção e leitura de artigos. Essas questões são desenvolvidas através da definição de determinado conjunto de perguntas e critérios de inclusão e exclusão, denominado protocolo de pesquisa (KITCHENHAM, 2004).

A pesquisa analisou trabalhos científicos em inglês e português, publicados entre 2010 e 2020, dentro da área da engenharia, em cinco das principais bases hospedadas na web: Science Direct, Scopus, Web of Science, Engineering Village e Google Scholar. A escolha das bases foi determinada pela sua relevância na comunidade científica e pelo grande volume de publicações no eixo temático proposto.

O processo de seleção foi realizado em duas etapas. Na primeira, foram selecionadas pesquisas através de *strings* de busca nos títulos, resumos e palavras-chave, sendo excluídas aquelas não escritas em inglês e português. A segunda etapa destinou-se à triagem por meio da leitura dos títulos e resumos dos textos escolhidos na etapa 1, sendo, inicialmente, excluídos trabalhos com temas que se distanciaram da proposta central desta pesquisa, os duplicados, assim como aqueles hospedados em bases remuneradas; e selecionados, apenas, artigos, dissertações e teses que trataram da utilização do RS e do PDP como agregado na produção de argamassas.

Para buscas na base Google Scholar, exclusivamente, foram utilizadas *strings* em português, porque, devido às limitações no campo de busca avançada do aplicativo, o uso de palavras-chave em inglês resultou na seleção de um quantitativo excessivamente elevado de trabalhos, o que inviabilizava o processo de triagem. As *strings* utilizadas na pesquisa são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 ►

Strings de busca de argamassas com RS e com PDP.

Fonte: dados da pesquisa

Bases	String de busca	
	RS	PDP
Google Scholar	Argamassa e scheelita	Argamassa e (“pó de pedra” ou “areia de britagem” ou “areia artificial”)
Demais bases	Mortar AND scheelite	Mortar AND (“stone powder” OR “stone dust” OR “crushing sand” OR “artificial sand”)

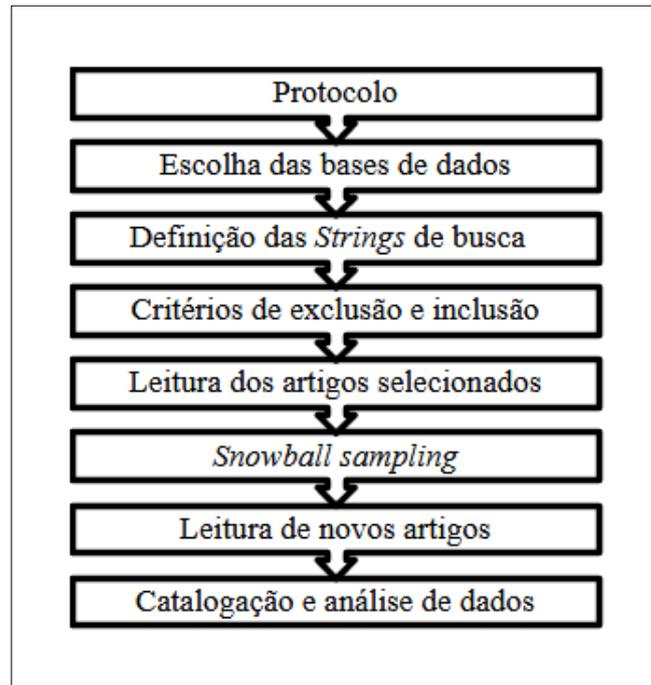
Adicionalmente, com o objetivo de qualificar ainda mais a RSL, foi utilizada a técnica de amostragem bola de neve (*snowball sampling*) para identificar novos trabalhos relevantes através da análise das referências das publicações escolhidas.

A técnica bola de neve é uma abordagem que permite selecionar trabalhos que não são encontrados diretamente nas bases de dados, por meio da análise das referências dos artigos selecionados (KONDA; MANDAVA, 2010). Para os autores, uma outra razão para a utilização do método é a possibilidade de encontrar pesquisas que usaram terminologias diferentes e acabam não sendo selecionadas nas buscas diretas. Assim, todas as publicações selecionadas através da *snowball sampling* que

se enquadraram nos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos neste artigo foram incluídas na amostragem final.

Os resultados obtidos foram catalogados com o auxílio das ferramentas computacionais StArt, que é um software de suporte à revisão sistemática, e Excel. A síntese do processamento da metodologia adotada na pesquisa é apresentada na Figura 1.

Figura 1 ►
Síntese do processamento da pesquisa.
Fonte: elaborada pelos autores



Os trabalhos selecionados foram classificados em categorias e organizados através de gráficos e tabelas; e os resultados foram sistematizados e analisados. A partir dessas análises e leituras das pesquisas, buscou-se referências para responder às seguintes questões: (1) Quais os principais benefícios e limitações da utilização do RS e do PDP na produção de argamassas? Espera-se identificar nas publicações as principais vantagens e desvantagens e discutir os resultados com ênfase nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas nos estados fresco e endurecido; (2) Qual a conjuntura atual das pesquisas sobre o tema? Espera-se diagnosticar o cenário atual e a origem das publicações; as tendências dos estudos; e identificar as lacunas do conhecimento acerca do tema.

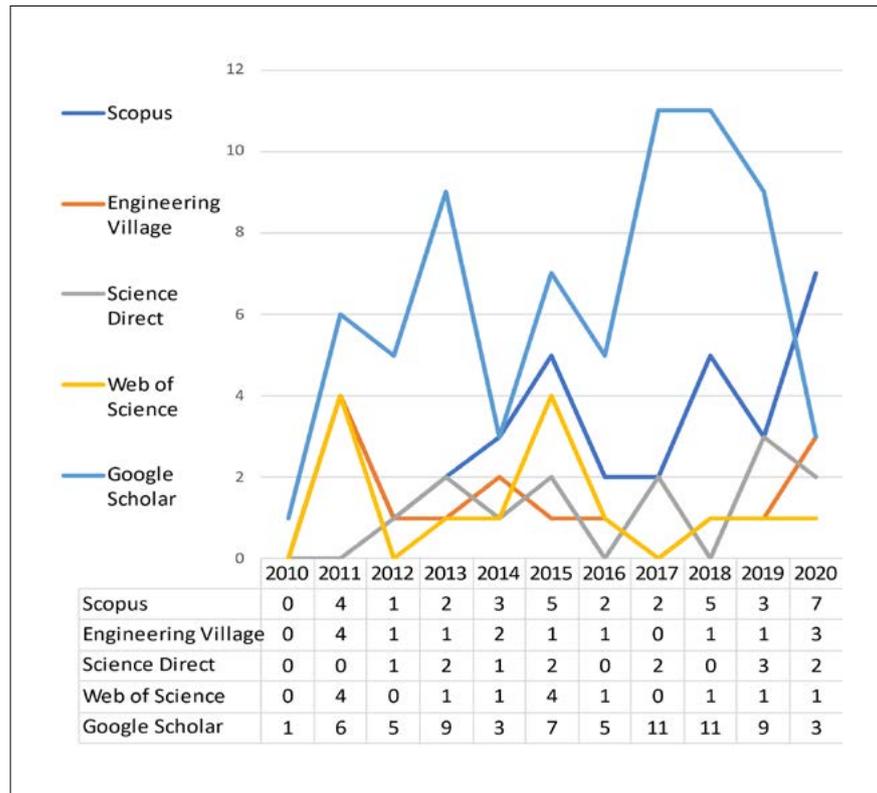
3 Resultados da pesquisa

A amostra inicial (etapa 1) resultou na coleta de 211 trabalhos, 65 destes associados às *strings* alusivas a pesquisas com argamassas com subproduto de scheelita e 146 envolvendo pesquisas com pó de pedra. O total de publicações com argamassas de PDP selecionadas na primeira etapa, por base e ano, é apresentado na Figura 2 (página seguinte). Conforme se pode perceber, a maior parte dos trabalhos foram selecionados do Google Scholar (70) e do Scopus (34), enquanto a base com o menor número de trabalhos elegidos é a Science Direct (13).

Figura 2 ▶

Amostra total, por ano e base, de trabalhos com argamassa de PDP.

Fonte: dados da pesquisa

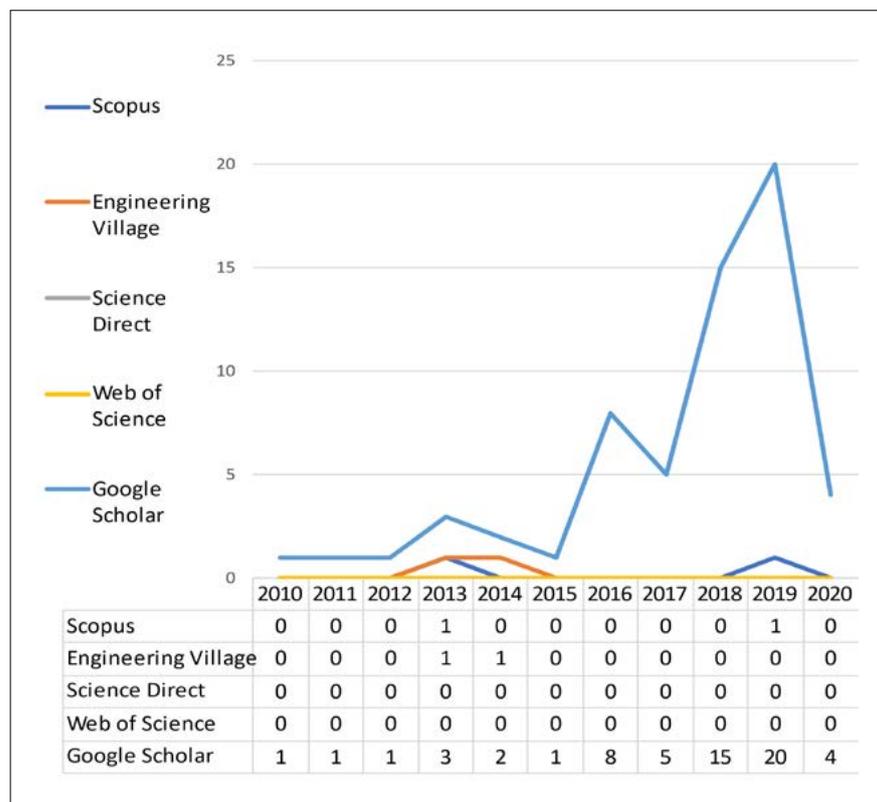


Como pode ser observado na Figura 3, a grande maioria das publicações sobre argamassas com resíduo de scheelita selecionadas na primeira etapa (por *strings* de busca) também são originárias da base Google Scholar (61), enquanto os demais artigos foram encontrados nas bases Scopus (2) e Engineering Village (2).

Figura 3 ▶

Amostra total, por ano e base, de trabalhos com argamassa de RS.

Fonte: dados da pesquisa



Na segunda etapa de triagem, a partir dos critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos e da leitura dos resumos dos trabalhos escolhidos na primeira etapa, foram selecionadas 21 pesquisas, sendo 6 delas relacionadas ao estudo de argamassas com resíduo de scheelita e 15 com PDP. Por fim, através da *snowball technique* foi possível adicionar mais três publicações, duas relacionadas a argamassas com pó de pedra e uma com RS. Os resumos detalhados dos processos de seleção, por etapas e por bases, de trabalhos com argamassas de RS e de PDP são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 ►

Seleção de trabalhos com argamassas de RS por etapas.
Fonte: dados da pesquisa

Base	E1	E2			ST	AB
		FT	PG	D.T		
Scopus	2	-1	0	0	0	1
Engineering Village	2	-2	0	0	0	0
Science Direct	0	0	0	0	0	0
Web of Science	0	0	0	0	0	0
Google Scholar	61	-55	0	-1	1	6
Subtotal	65	-58	0	0	1	7
Amostra final RS				7 publicações		

EN: etapa N; FT: fora do tema; PG: periódicos pagos; D.T: duplicados ou/e TCCs; ST: snowball technique; AB: amostra por base

Tabela 2 ►

Seleção de trabalhos com argamassas de PDP por etapas.
Fonte: dados da pesquisa

Base	E1	E2			ST	AB
		FT	PG	D.T		
Scopus	34	-4	-28	0	0	2
Engineering Village	15	0	-13	-2	0	0
Science Direct	13	-11	0	0	0	2
Web of Science	14	-2	-11	-1	0	0
Google Scholar	70	-52	0	-7	2	13
Subtotal	146	-69	-52	-5	2	17
Amostra final PDP				17 publicações		

EN: etapa N; FT: fora do tema; PG: periódicos pagos; D.T: duplicados ou/e TCCs; ST: snowball technique; AB: amostra por base

Como se pode verificar nas Tabelas 1 e 2, na segunda etapa a maioria dos trabalhos foram vetados por tratarem de temas que não se encaixam na proposta desta pesquisa ou por serem publicações de outras áreas de estudo. Na área da construção civil, para pesquisas tanto com o RS quanto com o PDP, a maior parte dos trabalhos excluídos relacionavam-se ao estudo de concretos e aplicações relacionadas a pavimentação. Finalizado o processo de triagem, os dados foram sistematizados e representados a partir de gráficos e tabelas, os quais serão apresentados nesta seção.

3.1 Conjuntura e distribuição das publicações

A amostragem final de trabalhos selecionados por base e ano é apresentada nas Figuras 4 e 5. A leitura da Figura 4 leva a inferir uma tendência de estabilidade para as pesquisas relacionadas ao uso do PDP como agregado na produção de argamassas, o que era esperado, em função de a areia artificial ser um material bastante estudado e que, ainda que pouco usado em obras convencionais no Brasil, é cada vez mais empregado na produção de concretos e pavimentos.

Figura 4 ►

Amostra final, por ano e base, de trabalhos com argamassa de PDP (17 publicações).
Fonte: dados da pesquisa

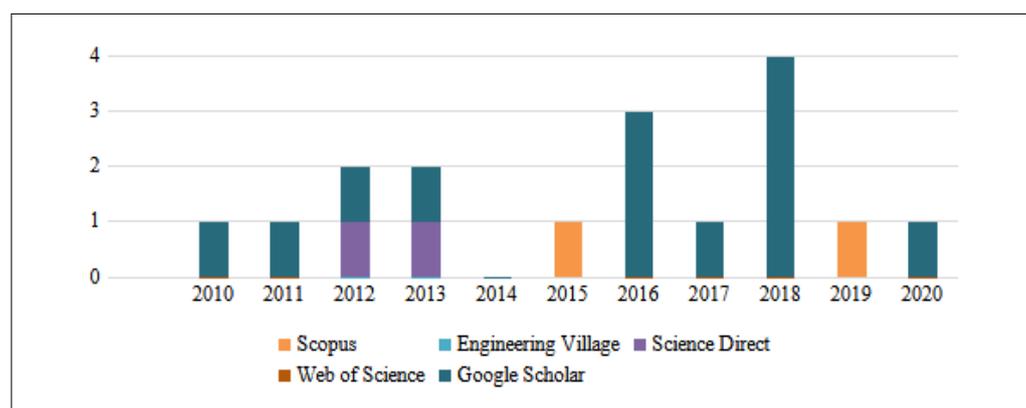
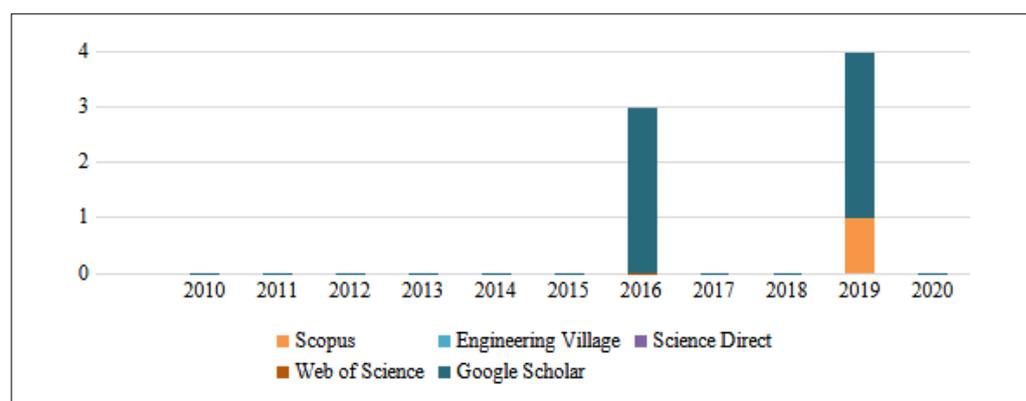


Figura 5 ►

Amostra final, por ano e base, de trabalhos com argamassa de RS (7 publicações).
Fonte: dados da pesquisa



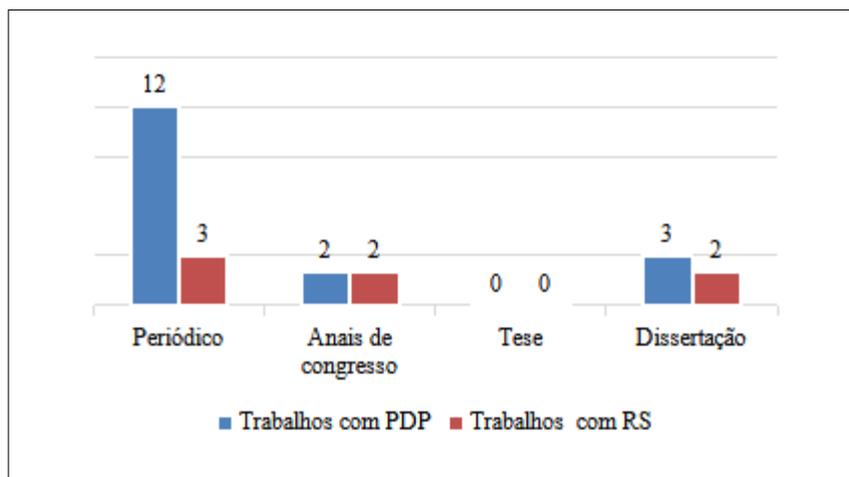
Como mostrado na Figura 5, para os trabalhos com argamassas de RS, ficou evidente o quantitativo reduzido de publicações na literatura, o que prejudica a análise, ainda que, matematicamente, tenha sido evidenciado um aumento do número de publicações entre 2016 e 2019. Não foram localizadas pesquisas de autores estrangeiros dentro dos critérios definidos neste artigo. Por outro lado, a nível nacional, esses resultados podem ser justificados em razão de a produção e reservas de CaWO_4 no Brasil serem concentradas, especialmente, no estado do Rio Grande do Norte (DNPM, 2018), o que naturalmente implica na regionalização das publicações e, consequentemente, na limitação do número de trabalhos.

O gráfico da Figura 6 (página seguinte) apresenta a distribuição dos 24 trabalhos pela tipologia da publicação. Como se pode notar, foram selecionados 19 artigos, sendo 15 oriundos de periódicos e 4 de anais de congresso. Os demais trabalhos (5) são dissertações.

Figura 6 ▶

Distribuição dos trabalhos selecionados por tipo de publicação.

Fonte: dados da pesquisa

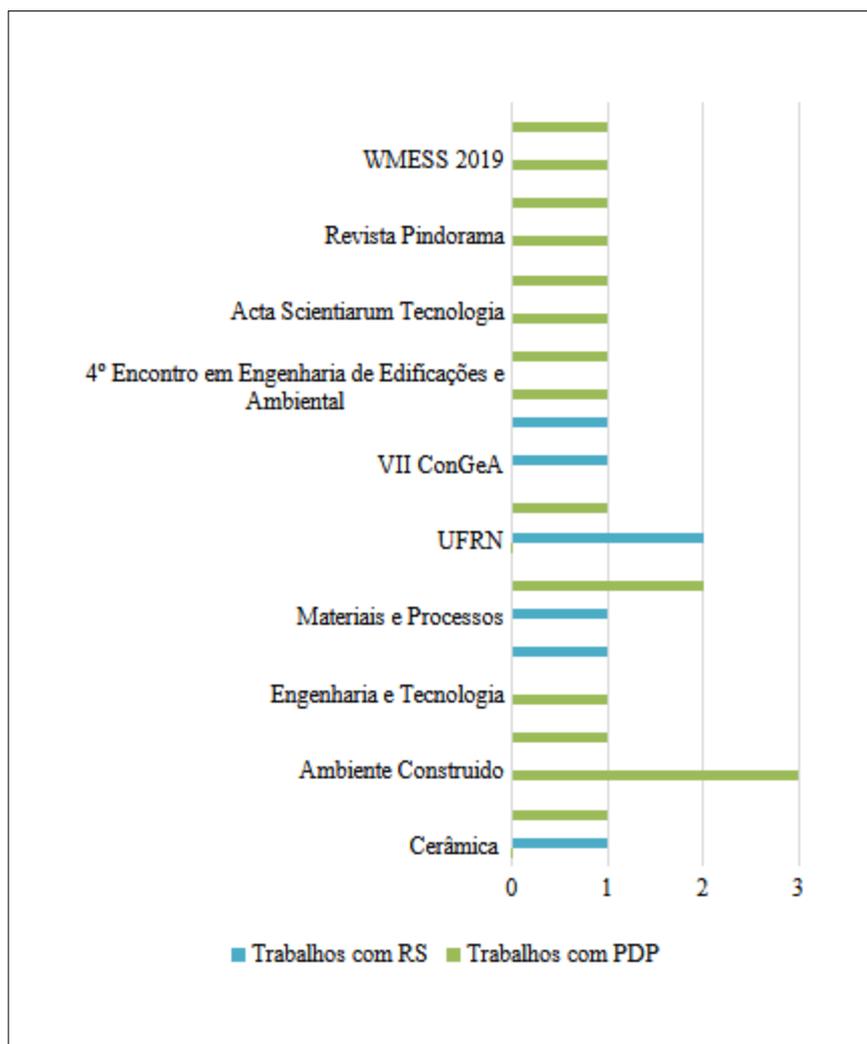


Conforme evidenciado no gráfico da Figura 7, para os trabalhos com argamassas de PDP, a maioria das publicações selecionadas são oriundas da revista Ambiente Construído e do repositório institucional da universidade Unisinos. Já para as pesquisas com argamassa de RS, como previsto em função do caráter regional da scheelita, o repositório institucional da UFRN forneceu o maior número de trabalhos da amostra.

Figura 7 ▶

Distribuição de trabalhos selecionados por periódicos e repositórios institucionais.

Fonte: dados da pesquisa

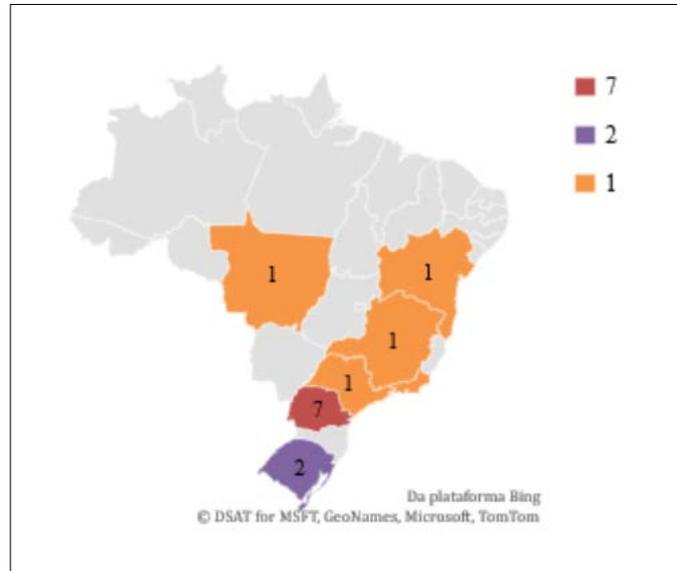


Quanto à origem, conforme descrito na Figura 8, a maior parte das pesquisas selecionadas com argamassa de resíduo de britagem são provenientes das regiões Sul e Sudeste, com destaque para o estado do Paraná. Os demais artigos selecionados são originários de autores da França (2) e da Turquia (1).

Figura 8 ▶

Distribuição de trabalhos nacionais selecionados pela origem da publicação – PDP.

Fonte: dados da pesquisa

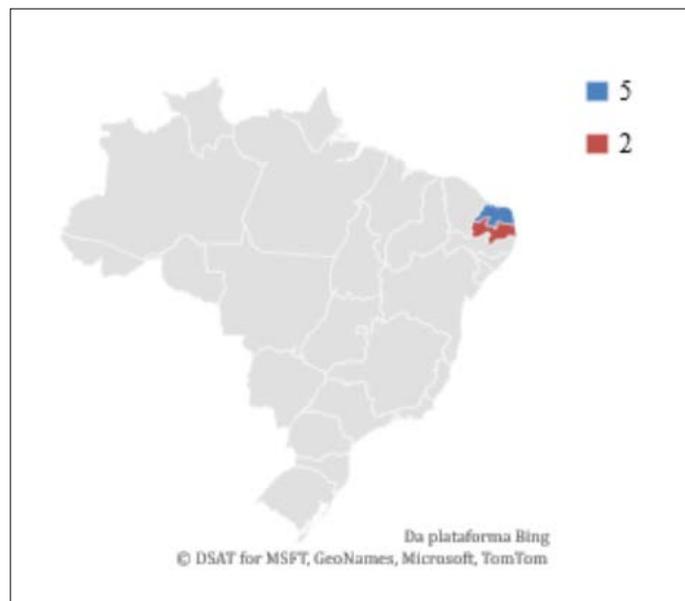


A partir da leitura da Figura 9, evidencia-se que os estudos de argamassas de scheelita selecionados são restritos aos estados da Paraíba e, principalmente, do Rio Grande do Norte, que são os detentores das maiores reservas de scheelita do Brasil.

Figura 9 ▶

Distribuição de trabalhos nacionais selecionados pela origem da publicação – RS.

Fonte: dados da pesquisa



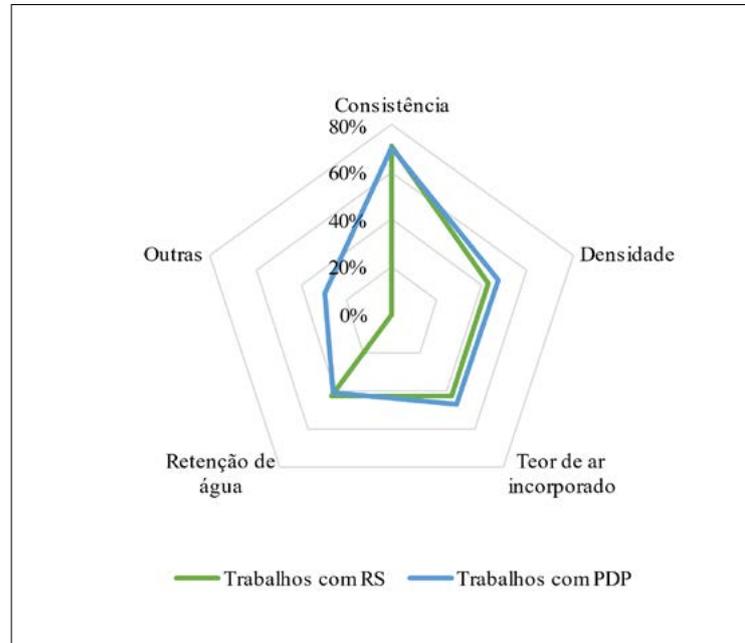
3.2 Principais propriedades avaliadas

As principais propriedades das argamassas no estado fresco estudadas nos trabalhos selecionados foram a consistência, que esteve presente em 71% das publicações com RS e 72% das com PDP; seguida da densidade de massa, da retenção de água

e do teor de ar incorporado, que, por sua vez, foram avaliadas por aproximadamente 40% dos autores (Figura 10).

Figura 10 ►

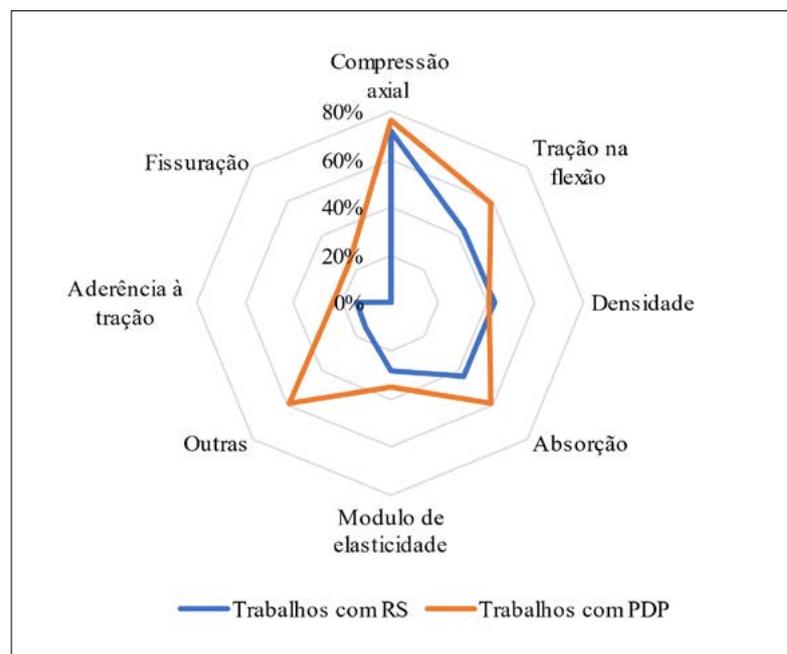
Principais propriedades das argamassas, no estado fresco, avaliadas nos trabalhos selecionados.
 Fonte: dados da pesquisa



No estado endurecido, a principal propriedade avaliada nas pesquisas selecionadas foi a resistência à compressão axial, presente em mais de 70% das pesquisas. A segunda propriedade mais estudada foi a resistência à tração na flexão (presente em 43% dos trabalhos com RS e 59% dos com PDP), seguida da absorção, que foi avaliada em pelo menos 43% das pesquisas (Figura 11). Apenas 1 dos 7 trabalhos com argamassas de resíduo de scheelita e 3 das 17 pesquisas com pó de pedra analisaram a aderência à tração, conquanto essa seja uma das principais propriedades das argamassas de revestimento, que, por sinal, como previsto, foram o tipo de a argamassa mais estudado entre os trabalhos selecionados.

Figura 11 ►

Principais propriedades das argamassas, no estado endurecido, avaliadas nos trabalhos selecionados.
 Fonte: dados da pesquisa



3.3 Características das argamassas com RS

O resíduo da scheelita é composto por partículas de formatos mais arredondados, semelhantes às areias naturais (AN), e com uma maior variedade dimensional quando confrontado com a areia natural (MEDEIROS *et al.*, 2019). Sua distribuição granulométrica aproxima-se da areia utilizada na construção civil, mas, por outro lado, tem maior quantidade de finos e massa específica superior em comparação à areia natural (ALVES *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2019). A Tabela 3 indica os valores das principais propriedades físicas do resíduo de scheelita verificadas na revisão.

Tabela 3 ▼

Propriedades físicas do resíduo da scheelita.
Fonte: dados da pesquisa

Autores	Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)	Diâmetro máximo (mm)
Alves <i>et al.</i> (2016)	2,96	1,61	2,36
Medeiros (2016)	2,83	1,70	2,40
Souza (2019)	3,04	1,74	-
Souza <i>et al.</i> (2019) e Silva <i>et al.</i> (2019)	-	1,69	2,37
Medeiros <i>et al.</i> (2019)	2,90	1,67	-

Como expresso na Tabela 4, o resíduo de scheelita apresenta na sua composição química maiores concentrações de óxido de cálcio (CaO), sílica (SiO₂) e, ainda, em menor quantidade, ferro (Fe₂O₃) e alumina (Al₂O₃) (MEDEIROS, 2016; SOUZA, 2019). Esses elevados teores de óxido de cálcio e de sílica implicam na presença, principalmente, da calcita (CaCO₃) e do quartzo (SiO₂) na composição mineralógica desse resíduo (SILVA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019).

Tabela 4 ►

Composição química do resíduo da scheelita.
Fonte: dados da pesquisa

Autores	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Queiroz Neto <i>et al.</i> (2016)	40,19	35,4	9,86	5,96
Medeiros (2016)	77,38	14,44	3,46	3,59
Souza (2019)	58,51	11,68	4,16	15,51
Souza <i>et al.</i> (2019) e Silva <i>et al.</i> (2019)	38,46	21,76	7,62	9,81
Medeiros <i>et al.</i> (2019)	47,30	31,82	9,75	6,57

No estado fresco, as argamassas produzidas com substituição da AN pelo RS, em relação à argamassa padrão, propendem a apresentar maior densidade de massa, pelo fato

de a massa específica do resíduo de scheelita ser superior à do agregado natural; menor teor de ar incorporado, mas, em contrapartida, trabalhabilidade semelhante, em virtude do elevado teor de finos do resíduo, quando comparado à areia natural (MEDEIROS, 2016), e da substancial concentração de óxido de cálcio na composição química do subproduto da scheelita (SOUZA, 2019), como observa-se na Tabela 4.

Em tese, as argamassas produzidas com esse subproduto tendem a apresentar uma menor relação água/materiais secos para um mesmo índice de consistência quando comparadas à argamassa padrão. Ou seja, como descrito por Queiroz Neto *et al.* (2016) e por Souza (2019), conforme se aumenta a proporção do resíduo de scheelita, percebe-se uma elevação no índice de consistência e na própria plasticidade da argamassa, que se torna mais fluida.

Para Souza (2019), essa menor demanda de água pode ser associada à granulometria contínua da areia de scheelita, que possibilita melhor acomodação entre as partículas, e aos elevados teores de CaO do resíduo de scheelita, que contribui para o aumento da plasticidade e da fluidez da argamassa.

Ainda no estado fresco, quanto à retenção de água em comparação às argamassas convencionais, conforme resultados de Medeiros (2016), as argamassas confeccionadas com RS inclinam-se a apresentar uma maior retenção de água. Por outro lado, Souza (2019) chegou a valores inferiores. Segundo esse último autor, as partículas de RS são menos porosas que as areias naturais e, por consequência, tendem a absorver menos água.

No estado endurecido, as argamassas produzidas com RS em substituição à AN apresentam maior densidade de massa e, por consequência, maior resistência à compressão e à tração na flexão quanto mais elevado for o percentual de areia natural substituída (MEDEIROS, 2016). Conforme descrito por Souza (2019), a massa específica e o grau de adensamento dos grãos do resíduo de scheelita são os principais fatores que influenciam a densidade de massa e a resistência mecânica dessas argamassas.

Em relação à absorção das argamassas, tanto por imersão como por capilaridade, Medeiros (2016) alcançou resultados que indicam valores de absorção e índices de vazios superiores em relação aos obtidos com as argamassas convencionais, enquanto no trabalho de Souza (2019) os valores foram inferiores. Conforme relatado por esse último autor, a diferença dos resultados se deu em função da realização de um ajuste granulométrico, que permitiu a confecção de uma areia residual mais compacta, e isso acarretou a menor porosidade da argamassa.

Souza (2019) realizou uma composição com 75% da fração grossa do resíduo de scheelita e 25% da parcela fina. A combinação das duas frações permitiu o melhor arranjo das partículas e propiciou melhorias nas propriedades das argamassas, tanto no estado fresco quanto no endurecido, quando comparadas àquelas produzidas com a areia natural.

3.4 Categorização de dados gerais das publicações com argamassas de RS e lacunas

Com o objetivo de identificar nas publicações os principais traços, cimentos, combinações, adições e incorporações utilizados nas pesquisas, assim como a finalidade desses trabalhos e, especialmente, as principais vantagens técnicas, limitações e lacunas

Quadro 2 ▼

Resumo das publicações selecionadas sobre argamassas produzidas com resíduo de scheelita.
Fonte: dados da pesquisa

evidenciadas nas pesquisas selecionadas, foram elaborados quadros informativos, que serão apresentados na sequência deste artigo.

No Quadro 2 é apresentado um resumo com as principais informações coletadas das publicações selecionadas sobre argamassas produzidas com resíduo do beneficiamento da scheelita.

Autores	Traço em volume	Percentual da substituição de agregado natural	Cimento	Combinações, substituições, adições e incorporações	Finalidade do estudo	Principais vantagens técnicas¹	Principais limitações¹ / sugestões²
Queiroz Neto <i>et al.</i> (2016)	1:3	20%; 40%	CPII E 32		Argamassa revestimento/ assentamento	Propriedades físicas do resíduo	/ Experimentos em blocos e pré-moldados
Medeiros (2016)	1:3; 1:1:6	25%; 50%; 75%; 100%	CPII Z 32		Argamassa revestimento	Propriedades mecânicas	Densidade de massa / aderência e durabilidade
Alves <i>et al.</i> (2016)	Caracterização física e química dos resíduos de scheelita como agregado miúdo				Agregado construção civil	Propriedades físicas do resíduo	Teor de finos / durabilidade
Silva <i>et al.</i> (2019)					Agregado argamassa	Propriedades físicas do resíduo	/ durabilidade
Souza (2019)	1:3; 1:1:6	100%	CPII F 40	Manipueira	Não especificada	Propriedades físicas e mecânicas	Densidade de massa / análises térmicas e durabilidade
Souza <i>et al.</i> (2019)	1:3; 1:1:6	100%	CPV ARI		Argamassa revestimento	Propriedades mecânicas	/ durabilidade
Medeiros <i>et al.</i> (2019)	1:2:8; 1:2:9; 1:2:10	100%	CPII F 32		Argamassa revestimento	Propriedades físicas e mecânicas	Teor de ar incorporado / durabilidade

1: em comparação às argamassas produzidas com areia natural; 2: para pesquisas futuras com base na leitura dos trabalhos

Conforme se pode verificar no Quadro 2, os traços mais utilizados nos trabalhos revisados foram o 1:1:6 e o 1:3; e o cimento mais comum foi o CPII F. Quanto à finalidade, as pesquisas selecionadas limitaram-se ao estudo de argamassas de revestimento e à caracterização física e química dos subprodutos de scheelita. Não foram encontrados trabalhos que avaliaram a durabilidade.

As principais vantagens técnicas evidenciadas na revisão referem-se às melhorias nas propriedades físicas e mecânicas, como relatado pela grande maioria dos autores. A elevada densidade de massa e o baixo teor de ar incorporado prejudicam a trabalhabilidade, sendo essa, embora que facilmente solucionável, a principal limitação identificada na revisão dos trabalhos. Com base nas lacunas evidenciadas, como sugestões para pesquisas futuras, prevalece a indicação de pesquisas voltadas à análise do desempenho e da

durabilidade dessas argamassas, sobretudo em meios agressivos; assim como estudos com argamassas especiais.

3.5 Características das argamassas com PDP

O pó de pedra é o material oriundo do processo de cominuição mecânica das rochas, submetido, ou não, à triagem de materiais pulverulentos, com granulometria entre 4,8 mm e 150 μm (ARNOLD, 2011). Diferentemente das areias naturais, que são constituídas por grãos arredondados e homogêneos, a areia de britagem apresenta grãos angulosos, irregulares e rugosos (TOKARSKI *et al.*, 2018). Esse material geralmente possui elevado teor de material fino e distribuição granulométrica e morfologia que variam em função do tipo da tecnologia utilizada no processo de britagem para obtenção da brita de construção (KAZMIERCZAK *et al.*, 2016).

Como descrito por Arnold (2011), a granulometria e o formato das partículas influenciam o grau de empacotamento do agregado, que, por sua vez, interfere diretamente nas propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido. Assim, areias de brita formadas por grãos mais lamelares comumente resultam em argamassas menos fluidas e menos trabalháveis e, por consequência, demandam maior quantidade de água quando comparadas às argamassas produzidas com areias naturais.

Comparado às areias naturais, o PDP tem massa específica superior (ARNOLD, 2011; ROSA, 2013; TOKARSKI, 2017) e, por consequência, no estado fresco, as argamassas produzidas com substituição do agregado natural pela areia artificial tendem a apresentar densidade de massa mais elevada.

O teor de ar incorporado das argamassas depende da distribuição granulométrica do agregado miúdo e, sobretudo, do teor de finos. Não diferentemente, argamassas produzidas com areias de britagem que contém maiores quantidades de finos inclinam-se a apresentar menor teor de ar incorporado em relação à argamassa com areia natural, resultando em matrizes que necessitam de maior quantidade de água para manter os parâmetros de trabalhabilidade, o que pode ser verificado nos trabalhos de Rosa (2013) e Cechin *et al.* (2016). O cenário oposto foi evidenciado pelos trabalhos de Marvila *et al.* (2018) e Marques e Campos (2018), nos quais a granulometria mais grossa do pó de pedra em relação à areia natural propiciou o melhoramento na trabalhabilidade das argamassas.

Autores como Benabed *et al.* (2012), Tokarski *et al.* (2018) e Trentin *et al.* (2020) obtiveram resultados ainda mais promissores de consistência a partir da incorporação de aditivos e da realização de ajustes granulométricos. A granulometria e a compactidade das areias possuem relação direta com a consistência e a plasticidade das argamassas e podem influenciar na fluidez e viscosidade da mistura. Como descrito por Carasek *et al.* (2016), comparando-se dois sistemas com a mesma quantidade de pasta, em condições semelhantes, quanto melhor for a distribuição granulométrica e o empacotamento das partículas das argamassas, melhores serão as condições de lubrificação entre as partículas, possibilitando a redução do atrito entre os materiais constituintes.

Ainda no estado fresco, como expresso nos resultados de Mattana *et al.* (2012) e Canova *et al.* (2015), as argamassas constituídas de areia de britagem propendem a apresentar retenção de água superior às argamassas de areia natural em virtude do elevado teor de finos das areias de britagem. Contudo, os resultados alcançados por Tokarski *et al.* (2018) indicaram que as argamassas confeccionadas com areias artificiais originárias de rocha calcária tendem a reter menos água à medida que se eleva o percentual

de pó de pedra. Para os autores, esses resultados foram influenciados pelo melhoramento da consistência com o aumento do teor de finos calcários, o que difere da maioria dos resultados avaliados nesta pesquisa, que indicaram que as argamassas produzidas com agregados artificiais com maior teor de finos tendem não só a demandar como também a reter mais água.

Tokarski *et al.* (2018) atribuem esse aumento da consistência à maior massa unitária da areia britada calcária em relação à natural. Segundo os autores, a massa unitária mais elevada propicia o aumento substancial da fluidez das misturas, pois, conforme descrito por Carasek *et al.* (2016), a massa unitária da areia tem relação direta com fatores que influenciam a consistência das argamassas, como a forma e textura dos grãos, o empacotamento entre as partículas, a distribuição granulométrica e o teor de finos.

No estado endurecido, as argamassas produzidas com areia britada em permuta da natural apresentam densidade de massa superior – e, por consequência, maior resistência mecânica – quanto mais otimizado for o empacotamento (RIBEIRO *et al.*, 2016; ROSA, 2013; SILVA; TAVARES, 2020; TOKARSKI, 2017).

Em relação à absorção de água das argamassas, os resultados publicados por Canova *et al.* (2015), Marques e Campos (2018) e Ribeiro *et al.* (2016) indicaram valores de absorção e índices de vazios superiores em relação aos obtidos com as argamassas produzidas com o agregado natural. Por outro lado, os resultados alcançados por Arnold (2011) variaram em função do teor de finos da areia britada. Sendo assim, pode-se considerar que a absorção e a porosidade dependem, entre outros fatores, de características correlatas à composição granulométrica dos agregados britados.

Ou seja, o uso de areia britada com distribuição granulométrica otimizada através do controle do teor de finos pode propiciar argamassas com menor absorção e menores índices de vazios (TOKARSKI, 2017), as quais, por sua vez, conforme descrito por Bederina *et al.* (2013), possuem maior durabilidade e menor suscetibilidade aos ataques químicos.

Quadro 3 ▼

Resumo das publicações nacionais selecionadas sobre argamassas produzidas com pó de pedra.

Fonte: dados da pesquisa

3.6 Categorização de dados gerais das publicações com argamassas de PDP e lacunas

O resumo das informações coletadas nas publicações selecionadas sobre argamassas produzidas com PDP é apresentado no Quadro 3.

Autores	Traço em volume	Percentual da substituição de agregado natural	Cimento	Combinações, substituições, adições e incorporações	Finalidade do estudo	Principais vantagens técnicas ¹	Principais limitações ¹ / sugestões ²
Arnold (2011)	1:1:6	100%	CPII Z 32		Argamassa revestimento – influência do formato dos grãos	Propriedades físicas e mecânicas	Trabalhabilidade / aditivos e durabilidade
Benabed <i>et al.</i> (2012)	1:1,92 (massa)	25%; 50%; 75%; 100%	CEM I 42,5 R	areia de duna, filer calcário, aditivo SP	Argamassa autonivelante	Propriedades reológicas e mecânicas	/ Combinações de areias e resíduos

Continua

	Análise hierárquica de escolha de PDP e areia natural para confecção de argamassas				Argamassa revestimento	Formulação do traço	Restrição do método /
Mattana <i>et al.</i> (2012)							
Bederina <i>et al.</i> (2013)	1:3 (massa)	50%; 100%	CPA-CEM II / A		Argamassa – durabilidade: ataques químicos	Propriedades mecânicas	Trabalhabilidade /
Rosa (2013)	1:1:6	100%	CPII Z 32		Argamassa revestimento – efeito do teor de finos	Propriedades físicas e mecânicas	Retração e fissuração / potencialidade da R.A.A.
Canova <i>et al.</i> (2015)	1:1,5:9	100%	CPII Z 32	Borracha de pneus	Não especificada	Propriedades físicas e mecânicas	Fissuração /
Cechin <i>et al.</i> (2016)	1:3	25%; 50%; 75%; 100%	NE		Argamassa revestimento	Propriedades mecânicas	Trabalhabilidade, excesso de finos /
Kazmierczak <i>et al.</i> (2016)	1:1:6	100%	CPII Z 32	Filer PDP	Argamassa revestimento – adição de filer	Propriedades físicas e mecânicas	Densidade e retração /
Ribeiro <i>et al.</i> (2016)	1:6	50%; 100%	CPII F 40		Não especificada	Propriedades mecânicas	/ Redução de consumo de cimento
Tokarski (2017)	1:3	20%; 40%; 60%; 80%; 100%	CPII F 32	Aditivo plastificante IA	Argamassa revestimento/ assentamento	Propriedades físicas e mecânicas	/ Durabilidade e empacotamento
Tokarski <i>et al.</i> (2018)	1:3	20%; 40%; 60%; 80%; 100%	CPII F 32	Aditivo plastificante IA	Argamassa revestimento	Propriedades físicas	Retenção de água /
Santos <i>et al.</i> (2018)	1:1,55: 6,97	100%	CPII E 32		Argamassa revestimento – método de dosagem	Propriedades físicas e mecânicas	/ Métodos de dosagem
Marvila <i>et al.</i> (2018)	1:2:9	50%; 100%	CPII E 32		Argamassa revestimento	Propriedades físicas e mecânicas	Aderência à tração substituição total /
Marques <i>et al.</i> (2018)	1:1:6	50%; 100%	CPV ARI	Filito	Argamassa revestimento/ assentamento	Propriedades mecânicas	Absorção / redução do fator <i>a/c</i>
Aral e Chan (2019)	1:3	25%; 50%; 75%; 100%	CEM I 42.5 R		Argamassa – durabilidade: congelamento e descong.	Propriedades mecânicas	Resistência à compressão /
Silva e Tavares (2020)	1:1,8	50%; 100%	CPII E 32		Argamassa fundações	Propriedades mecânicas e menor custo	Trabalhabilidade, excesso de finos /
Trentin <i>et al.</i> (2020)	1:0,25:6 1:0,50:6 1:0,75:6	70%	CPII Z 32	Aditivo plastificante IA	Não especificada	Propriedades mecânicas	Teor de aditivo ótimo inconclusivo /

1: em comparação às argamassas produzidas com areia natural; 2: para pesquisas futuras com base na leitura dos trabalhos

Como observado no Quadro 3, dos 16 trabalhos selecionados, 15 são estudos experimentais; o único não experimental (MATTANA *et al.*, 2012) propõe um método de seleção de areia britada e areia natural para emprego em argamassas. O cimento mais

presente nas pesquisas foi o CPII Z 32. Percebe-se uma grande variedade de traços, com destaque para o traço 1:3, que foi estudado em 1/3 dos trabalhos experimentais revisados, além do traço 1:1:6. Como esperado, as argamassas de revestimento são as mais estudadas, no entanto, diferentemente da amostra com argamassas de RS, foram selecionados trabalhos com argamassas especiais (autonivelante e de fundações) e estudos destinados à avaliação da durabilidade.

Os principais benefícios identificados na revisão, conforme expresso no Quadro 3, referem-se às melhorias nas propriedades físicas e mecânicas. As principais limitações citadas nas pesquisas revisadas, ainda que dependentes de outras variáveis, como discutido anteriormente na seção 3.5, referem-se à morfologia dos grãos (tipicamente angulosos, irregulares, e muitas vezes lamelares) e à elevada quantidade de finos (material pulverulento), que prejudicam demasiadamente a trabalhabilidade, o que levou muitas pesquisas a utilizarem aditivos incorporadores de ar (IA).

Com base na revisão dos artigos e nas lacunas evidenciadas, sugere-se a realização de pesquisas que busquem alternativas para melhorar a trabalhabilidade das argamassas confeccionadas com pó de pedra, assim como trabalhos direcionados ao estudo do empacotamento dos grãos e da durabilidade.

4 Conclusões

A utilização do resíduo de scheelita e do pó de pedra como agregados em argamassas pode proporcionar melhorias nas suas propriedades físicas e mecânicas e, ao mesmo tempo, prover o manejo adequado e a agregação de valor aos subprodutos.

A maior limitação da utilização do RS na produção de argamassas repousa na sua elevada densidade de massa e no menor teor de ar incorporado, no estado fresco, o que interfere diretamente na trabalhabilidade da argamassa. Já para o PDP, a morfologia dos grãos e a elevada quantidade de finos exige uma maior quantidade de água para atender os parâmetros de consistência das argamassas.

Contudo, via de regra, pode-se dizer que, para argamassas produzidas com ambos os resíduos, são notórias as melhorias nas propriedades, tanto no estado fresco quanto no endurecido, especialmente quando realizados ajustes granulométricos para o melhor empacotamento das partículas.

As pesquisas com argamassas de areia britada selecionadas foram predominantes das regiões Sul e Sudeste, com destaque para o estado do Paraná, enquanto os estudos de argamassas de scheelita foram oriundos dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Os demais artigos selecionados foram provenientes de autores da França e da Turquia. Constatou-se uma tendência de estabilidade para pesquisas com argamassas de PDP, enquanto para o RS ficou evidente o quantitativo reduzido de publicações na literatura, o que dificulta a previsão, ainda que, matematicamente, tenha sido verificado um aumento das publicações.

Da amostra selecionada, menos de 20% dos trabalhos avaliaram a aderência à tração, embora essa seja uma das principais propriedades das argamassas mais estudadas na seleção (de revestimento).

Com base na revisão dos artigos, sugere-se a realização de pesquisas destinadas: i) à combinação de resíduos para produção de novas areias, com ênfase no empacotamento; ii) à incorporação de adições que possam contribuir para a trabalhabilidade das argamassas de PDP e de RS; iii) a análises do desempenho e da durabilidade em meios agressivos; iv) ao estudo de argamassas especiais.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses

Referências

ALVES, B. S.; PEREIRA, D. D.; IZÍDIO JÚNIOR, L. R.; GURGEL, M. T. Análise comparativa do agregado miúdo com o rejeito da scheelita para aplicação na construção civil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS (CBECiMat)*, 22., 2016, Natal. **Anais** [...]. Natal: CBECiMat, 2016. Disponível em: <https://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/104-191.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ANDRIOLO, F. R. **Construções de concreto**. São Paulo: Pini, 2005.

ARAL, İ. F., CIHAN, M. T. Investigation of properties of mortars containing waste stone powder instead of sand under freezing-thawing effect. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 362, n. 1, p. xx-xx, 2019. Trabalho apresentado no World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2019), 5., 2019, Prague. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012169>.

ARNOLD, D. C. M. **Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas**. 2011. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3727>. Acesso em: 18 mar. 2023.

BACCI, D. L. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedra em área urbana. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672006000100007>.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

BEDERINA, M.; MAKHLOUFI, Z.; BOUNOUA, A.; BOUZIANI, T.; QUÉNEUDEDEC, M. Effect of partial and total replacement of siliceous river sand with limestone crushed sand on the durability of mortars exposed to chemical solutions. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 146-158, out. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.037>.

BENABED, B.; KADRI, E.-H.; AZZOUZ, L.; KENAI, S. Properties of self-compacting mortar made with various types of sand. **Cement and Concrete Composites**, v. 34, n. 10, p. 1167-1173, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.07.007>.

BENYAMINA, S.; MENADI, B.; BERNARD, S. K.; KENAI, S. Performance of self-compacting concrete with manufactured crushed sand. **Advances in Concrete Construction**, v. 7, n. 2, p. 87-96, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12989/ACC.2019.7.2.087>.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>.

CANOVA, J. A.; ANGELIS NETO, G.; BERGAMASCO, R. Dry ripened mortar with quarry waste and rubber powder from unserviceable tires. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 37, n. 1, p. 25-31, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i1.19907>.

CARASEK, H.; ARAÚJO, R. C.; CASCUDO, O.; ANGELIM, R. Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 21, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620160003.0068>.

CECHIN, L.; TOKARSKI, R. B.; TRENTO, T. P. W.; MATOSKI, A. Utilização da areia industrial em argamassas de revestimento. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 29, p. 77-87, jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n29p77-87>.

DIAS, M. C. O.; PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍLIO, J. F. **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2018**. Brasília, DF: DNPM, 2018.

DRAGO, C.; VERNEY, J. C. K.; PEREIRA, F. M. Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 62, n. 3, p. 399-408, jul./set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672009000300021>.

DUARTE, J. B. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por pó de pedra em concreto de cimento Portland**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12819>. Acesso em: 13 jan. 2022.

GERAB, A. T. F. S. C. **Utilização do resíduo grosso do beneficiamento da scheelita em aplicações rodoviárias**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/19515>. Acesso em: 13 fev. 2022.

KAZMIERCZAK, C. S.; ROSA, M.; ARNOLD, D. C. M. Influência da adição de filler de areia de britagem nas propriedades de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 7-19, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000200076>.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Joint Technical Report: Software Engineering Group, Keele University (TR/SE-0401), United Kingdom and Empirical Software Engineering, National ICT Australia,

Australia (0400011T.1). 2004. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

KONDA, B. M.; MANDAVA, K. K. **A systematic mapping study on software reuse**. 2010. 85 f. Master Thesis (Master of Science in Software Engineering) – Blekinge Institute of Technology, Ronneby, 2010. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:831637/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MARQUES, M. L.; CAMPOS, K. A. Estudo da adição do pó de pedra em argamassas de revestimento e assentamento. **Revista Pindorama**, v. 3, n. 3, p. 15, fev. 2018. Disponível em: <https://publicacoes.ifba.edu.br/Pindorama/article/view/395>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MARVILA, M. T.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A. R. G.; ZANELATO, E. B.; GOULART, M. A.; MIGUEL, T. P.; GUARÇONI, G. B.; MONTEIRO, S. N. Incorporação de pó de rocha em argamassas de revestimento. *In*: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 73., 2018, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABM, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5151/1516-392X-31618>.

MATTANA, A. J.; MEDEIROS, M. H. F.; SILVA, N. G.; COSTA, M. R. M. M. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 63-79, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000400006>.

MEDEIROS, B. A.; NEVES, G. A.; BARBOSA, N. P.; MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. C. Mechanical properties of mortar produced with the replacement of natural sand by scheelite residue. **Cerâmica**, v. 65, n. 375, p. 443-451, jul./set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132019653752571>.

MEDEIROS, M. **Estudos de argamassas de revestimento com resíduo de scheelita**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/22457>. Acesso em: 10 jan. 2022.

NOBRE FILHO, P. A.; SABADIA, J. A. B.; DUARTE, C. R.; MAGINI, C.; NOGUEIRA NETO, J. A.; SILVA FILHO, W. F. Impactos ambientais da extração de areia no canal ativo do Rio Canindé, Paramoti, Ceará. **Revista Geologia**, v. 24, n. 2, p. 126-135, 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/geologia/article/view/1404>. Acesso em: 20 out. 2021.

PAIVA, E. H. G. **Avaliação do concreto de cimento Portland com resíduo da produção de scheelita em substituição ao agregado miúdo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/14847>. Acesso em: 20 jan. 2022.

QUEIROZ NETO, M. L.; MEDEIROS, M. K. S.; FLORÊNCIO, F. D. C.; SOUZA JÚNIOR, P. L. Uso de resíduos da mineração de scheelita em argamassas de assentamento e revestimento. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL (CONGEA), 7., 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VII-023.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

RIBEIRO, K. F. A.; BRANCO, M. P. V.; VALIN JÚNIOR, M. O.; ALMEIDA E. S. Estudo da substituição da areia pelo pó de pedra como agregado miúdo em argamassa. *In: ENCONTRO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL*, 4., 2016, Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá: UFMT, 2016. Disponível em: <https://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeea/eeea2016/paper/view/650/240>. Acesso em: 18 dez. 2021.

RAMOS FILHO, R. E. B. **Estudo da combinação de resíduo de scheelita, pó de pedra e manipueira com aglomerantes para produção de tijolos ecológicos**. 2021. 155 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31917>. Acesso em: 3 jan. 2022.

ROSA, M. **Análise do efeito do teor de microfinos nas propriedades das argamassas de revestimento com utilização de areia de britagem basáltica**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3495>. Acesso em: 13 jan. 2022.

SANTOS, W. J.; ALVARENGA, R. C. S. S.; PEDROTI, L. G.; SILVA, R. C.; FREIRE, A. S.; MORAES, B. A.; CARVALHO, C. C. Proposta de método de dosagem para argamassas de revestimento com areia artificial de britagem. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 225-243, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100218>.

SHEN, W.; LIU, Y.; WANG, Z.; CAO, L.; WU, D.; WANG, Y.; JI, X. Influence of manufactured sand's characteristics on its concrete performance. **Construction and Building Materials**, 172, p. 574-583, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.139>.

SILVA, L. M.; BARROS, S. V. A.; DANTAS, G. C. B.; PIMENTEL, P. M. Caracterização de resíduos minerais visando aplicação como agregado para materiais de matriz cimentícia. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 21-30, 2019. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/6651>. Acesso em: 19 mar. 2023.

SILVA, R. R. C.; TAVARES, M. S. Análise do comportamento físico e mecânico de argamassa produzida com areia natural e artificial para fundação em estaca tipo raiz. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE*, 8.; INTERNATIONAL CONFERENCE CIK (CYRUS INSTITUTE OF KNOWLEDGE), 8., 2020, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: UNINOVE, 2020. Disponível em: <http://submissao.singep.org.br/8singep/arquivos/266.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

SOUZA, M. H. O.; FRANÇA NETA, M. L. X.; BARROS, S. V. A.; DANTAS, G. C. B.; NEVES, G. A.; CARTAXO, J. M.; PIMENTEL, P. M. Influência do tipo de cura no comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com areia de scheelita. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 14, n. 2, p. 91-94, 2019. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/698>. Acesso em: 29 out. 2021.

SOUZA, R. S. **Argamassas produzidas a partir da substituição do agregado miúdo pelo resíduo do beneficiamento da scheelita e da água de hidratação por**

manipueira. 2019. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/28289>. Acesso em: 15 dez. 2022.

TOKARSKI, R. B. **Comportamento da areia de britagem de rocha calcária na argamassa de revestimento**. 2017. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2736>. Acesso em: 13 mar. 2023.

TOKARSKI, R. B.; MATOSKI, A.; CECHIN, L.; WEBER, A. M. Comportamento das argamassas de revestimento no estado fresco, compostas com areia de britagem de rocha calcária e areia natural. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, e12196, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0530>.

TRENTIN, P. O.; PERARDT, M.; BALDIN, C. R. B.; STEDILE, K.; HOMRICH, J. T. O. Avaliação da influência da utilização de diferentes teores de cal e aditivo incorporador de ar em argamassas produzidas com 70% de areia de britagem. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 259-270, 2020. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/15591>. Acesso em: 12 out. 2021.

VAZ, F. H. B.; CARASEK, H. Resistência de aderência de revestimentos de argamassa – contribuição por meio de mapeamento e revisão sistemática de literatura para futuras pesquisas no tema. **Cerâmica**, São Paulo, v. 65, n. 374, p. 303-318, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0366-69132019653742508>.