



2023

RECOMENDAÇÕES DE USO DO AGREGADO RECICLADO MISTO EM ELEMENTOS CONSTRUTIVOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL E PAVIMENTAÇÃO

Tamillys Roberta Souza Santos ^a; Ana Paula da Silva Milani ^b

^a Aluna de Graduação em Engenharia Civil, tamillys.santos@ufms.br

^b Professora Orientadora, Dra, ana.milani@ufms.br

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

O setor da construção civil é considerado como a segunda maior indústria do país, responsável por grande parte do Produto Interno Bruto (PIB), entretanto também é responsável por grande parte da geração de resíduos sólidos. Os resíduos da construção civil (RCC) ou resíduos de construção e demolição (RCD) são resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e resíduos resultantes da preparação e da escavação de terrenos. O objetivo é elencar os possíveis produtos de uso na construção civil e em pavimentação que incorporam o agregado reciclado misto – ARM – em substituição ao agregado natural para contribuir com a logística reversa do setor. Optou-se por realizar uma revisão sistemática da literatura, verificando às plataformas Scielo, Periódicos CAPES, Anais ENARC (Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos da Construção) e Scholar Google. Os resultados mostraram a viabilidade na obtenção de blocos de concreto de vedação, concreto convencional sem função estrutural, camadas de base e sub-base de pavimentação, misturas de solo-cimento para paredes monolíticas e blocos de solo-cimento; porém percebeu-se a limitação dos teores de incorporação de ARM visando atender aos requisitos físicos e mecânicos exigidos pelas normas brasileiras. Por fim, é possível assegurar a viabilidade físico-mecânica da substituição do agregado natural pelo agregado reciclado misto, propiciando melhorias econômica e ambiental.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição; reciclagem; resistência mecânica; Índice de Suporte Califórnia.

ABSTRACT

The construction sector is considered the second largest industry in the country, responsible for a large part of the Gross Domestic Product (GDP), however it is also responsible for a large part of the solid waste generation. Construction waste (CCW) or construction and demolition waste (CDW) is waste from construction, renovation, repair and demolition of construction works, and waste resulting from land preparation and excavation. The objective is to list the possible products for use in construction and paving that incorporate mixed recycled aggregate - MRA - to replace natural aggregate to contribute to the reverse logistics of the sector. It was decided to carry out a systematic review of the literature, checking the Scielo, CAPES Periodicals, ENARC Annals (National Meeting on the Use of Construction Waste) and Scholar Google platforms. The results showed the feasibility of obtaining sealing concrete blocks, conventional concrete without structural function, base and sub-base layers of paving, soil-cement mixtures for monolithic walls and soil-cement blocks; however, the limitation of the MRA incorporation levels was realized in order to meet the physical and mechanical requirements required by Brazilian standards. Finally, it is possible to ensure the physical-mechanical feasibility of replacing natural aggregate with mixed recycled aggregate, providing economic and environmental improvements.

Keywords: Construction and demolition waste; recycling; mechanical strength; California Bearing Index.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é considerado como a segunda maior indústria do país, responsável por grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) em

razão da alta geração de emprego e renda. Sendo o setor responsável pela elevada movimentação da economia do país, também representa grande parte da geração de resíduos sólidos, pois cerca de 50 a 70%

da massa de resíduos sólidos urbanos são resíduos de construção civil (BRASIL, 2005; OLIVEIRA et al., 2020).

No Brasil em 2018, foram geradas cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que 40,5% dos resíduos gerados foram despejados em locais inadequados por 3.001 municípios. Esses locais inadequados são considerados os lixões e aterros controlados, que não possuem um sistema de gestão eficiente com medidas necessárias para proteger a saúde e o meio ambiente. A carência de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos resulta na deficiência das exigências e fiscalização acerca destes resíduos (ABRELPE, 2019).

A implantação da logística reversa no setor da construção civil melhoraria o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, promovendo o desenvolvimento sustentável e reduzindo os impactos ambientais. Com uma gestão adequada, também é possível diminuir a necessidade de grandes áreas para destinação final dos resíduos, conciliando o desenvolvimento econômico, social e ambiental, garantindo a preservação dos recursos para as gerações futuras (BEIRIZ, 2010).

Os resíduos da construção civil (RCC) ou resíduos de construção e demolição (RCD) - também chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha - se dão por resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e resíduos resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Estes resíduos, da classe A, ou seja, que são resíduos reutilizáveis ou recicláveis, são compostos por tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas,

pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica (BRASIL, 2002).

O processo de reciclagem é uma das diretrizes para a gestão de resíduos da construção civil, já que a reciclagem de RCC está vinculada a eficiência da logística reversa no setor (PUPIN, 2023). A reciclagem do RCC envolve várias etapas que vão desde a coleta até o processo de estocagem, sendo que o núcleo da reciclagem envolve os processos de triagem, britagem, peneiramento e estocagem (LEITE, 2001). A penúltima etapa do processo de reciclagem é a classificação do agregado, que ocorre mediante peneiramento, que em seu decorrer executa a estratificação, processo vibratório que separa as partículas por tamanhos, e a separação/classificação do agregado reciclado.

Após processo de reciclagem para conformação em agregados reciclados, segundo a NBR 15116 (ABNT, 2021) estes podem ser classificados em três categorias: agregados reciclados cimentícios (ARCI) constituído por materiais cimentícios diversos (concretos, argamassas, blocos pré-moldados de concreto etc.), agregado reciclado de concreto (ARCO), constituído por resíduos de concreto, e o agregado reciclado misto (ARM), que é composto por uma mistura de materiais cimentícios (concretos, argamassas, blocos pré-moldados de concreto etc.) e materiais cerâmicos (blocos e telhas de cerâmica vermelha etc.).

Estima-se que cerca de 70% dos RCD tem potencial de reaproveitamento. Esses resíduos, quando recondicionados podem ser transformados em produtos como areia, pedrisco, brita, rachão e bica corrida, que podem ser utilizados na fabricação de blocos, tijolos, telhas, concreto e na pavimentação de estradas. No entanto, o desperdício desses materiais

sem reciclagem resulta em uma perda de R\$ 8 bilhões por ano (ABRECON, 2011).

A Resolução CONAMA n° 307 de 2002, em seu artigo 3º, classifica os RCC em quatro classes: Classe A (recicláveis como os agregados); B (recicláveis para outras destinações como plásticos, papel/papelão, metais, entre outros); C (sem tecnologia disponível para reciclagem e aproveitamento, como o isopor) e D (perigosos como tintas, solventes, óleos, fibrocimentos com amianto, entre outros). Já em seu artigo 5º, menciona sobre a implementação da gestão dos resíduos da construção civil, que é feita com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (Pupin, 2021).

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas caracterização: triagem, acondicionamento, transporte e destinação. Ainda neste processo, dar-se-á necessidade da área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT), que são áreas destinadas ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A lei n° 4.864 (CAMPO GRANDE, 2010) institui a Gestão dos Resíduos da Construção Civil e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil, de acordo com o previsto na Resolução CONAMA n° 307/2002, no âmbito do Município de Campo Grande - MS, aponta, no Art. 20 que o RCC deve ser integralmente triado pelos geradores e pelas áreas receptoras, em classes A, B, C e D e receber a

destinação cabível a fim de prioritariamente serem reutilizados ou reciclados. E, ainda nas consonantes da resolução n° 307/2002 do CONAMA, as construtoras devem elaborar cada uma o PGRCC - Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Contudo, de acordo com o Art. 23, caberá aos órgãos de fiscalização do município, no âmbito da sua competência, fazer cumprir as normas estabelecidas.

Para a gestão do RCC na cidade de Campo Grande, tem-se a ação estratégica de pontos de entrega (receptoras) para pequenos volumes de RCC (< 1m³): os Locais de Entrega Voluntária – LEV e os Ecopontos. Os LEV são uma modalidade de coleta seletiva que utiliza estruturas específicas para o acondicionamento de resíduos recicláveis, colocados em pontos fixos na cidade, onde o cidadão, espontaneamente, deposita os recicláveis. Já os Ecopontos são áreas para disposição temporária regular. A entrega é voluntária e gratuita e estes locais recebem resíduos recicláveis (metal, plástico, vidro, papel e papelão – classes B, C e D), resíduos gerados em construções, demolições e pequenas reformas em prédios ou residências – classe A, além de volumosos (móveis, sucatas e madeiras) e resíduos provenientes de poda de árvores/galhadas (SOLURB, 2022).

Já para a recepção de grandes volumes (> 1m³) tem-se as Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs) de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos e os Aterros Sanitários, onde a gestão é realizada através do Controle de Transporte de Resíduos por meio eletrônico (E-CTR), na qual para a prestação dos serviços referentes a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos inertes. A Prefeitura, através das informações coletadas nas E-CTR, faz o controle das áreas de deposição através da

análise dos balanços de massa (CAMPO GRANDE, 2019).

Conforme Pupin (2021), a administração municipal possui o controle dos RCC desde o gerador até a unidade de destinação, porém há lacunas na prática da logística reversa como, por exemplo, o desinteresse dos grandes e pequenos construtores/empreiteiros pelo material reciclado, proporcionando o acúmulo de resíduos nas Áreas de Transbordo e Triagem. Conforme os dados do E-CTR, em média, são gerados e depositados mensalmente nas áreas de destinação final 244.591,7 m³ de RCC, sendo que aproximadamente 80% são resíduos de classe A, os quais poderiam ser beneficiados e comercializados como agregados reciclados.

Diante da lacuna observada entre problemas na gestão dos resíduos e implantação da logística reversa no setor da construção, esta pesquisa foca em encontrar alternativas de reaproveitamento dos resíduos oriundos da construção civil, visando não só reduzir a extração de recursos naturais, mas também em evitar a disposição de entulho para descarte inadequado. Ademais, buscou-se trazer a realidade do canteiro de obras de pequeno e médio porte, onde a geração do RCC não apresenta triagem/separação, o que origina um entulho sujo e misturado, a partir do qual, após processo de reciclagem chegar-se-á ao agregado reciclado de características mistas - ARM.

2. OBJETIVO

A presente revisão sistemática tem por objetivo geral elencar os possíveis produtos de uso na construção civil e em pavimentação que incorporam o agregado reciclado misto – ARM – em substituição ao agregado natural para contribuir com a logística reversa do setor. E como objetivo específico, verificar

o desempenho físico-mecânico de cada um desses elementos construtivos diante dos limites e critérios de seus respectivos conjuntos normativos, a fim de se garantir a adequada aplicação do ARM.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, ou seja, um estudo secundário a partir de outros estudos (primários), que tem a proposta de reunir estudos semelhantes, avaliá-los criticamente em sua metodologia e reuni-los numa análise qualitativa. Para obter eficácia no estudo, foi verificado as plataformas Scielo, Periódicos CAPES, Anais ENARC (Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos da Construção) e Scholar Google.

Para isto, foi necessário identificar se os métodos refletem os critérios específicos de interesse para a temática inserção dos resíduos da construção civil para a fabricação de produtos finais a serem aplicados nos setores de pavimentação e de construção. Foi considerada a seguinte questão norteadora para condução deste estudo: Quais são as possibilidades de uso do agregado reciclado em substituição ao agregado natural para obter bom desempenho de elementos construtivos e pavimentação, a fim de contribuir na implementação da logística reversa priorizando a sustentabilidade?

Os critérios de inclusão utilizados na busca consistiram em: A) acesso aos resumos e textos integrais, no período de 2012 a 2023, nos idiomas português, inglês ou espanhol; B) buscar artigos indexados em periódicos científicos; C) investigar temas relacionados ao resíduo da construção civil com o objetivo de desenvolver produtos para utilização na pavimentação ou construção; D) considerar as normas brasileiras que parametrizam os resultados finais; E)

artigos que abordem a análise do Agregado Reciclado Misto - ARM.

A delimitação do período de 10 anos de publicação se justifica pela recente necessidade de aplicar o retorno dos produtos ao canal de origem, já que, segundo dados da Associação Brasileira Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), o setor da construção civil no Brasil é o responsável por produzir, anualmente, cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos. Só em 2019, essa geração chegou a 45 milhões de toneladas.

Os estudos envolvendo o uso do ARM para obtenção de algum produto final, em sua maioria, apresentam dados empíricos e tomam como padrão as diretrizes das NBR 15116 (ABNT, 2004), NBR 7211 (ABNT, 2019) e NBR 15115 (ABNT, 2004), as quais direcionam testes, ensaios e requisitos para qualificar o agregado reciclado para tais produtos. Assim delimitou-se como critério de inclusão os estudos com abordagem quantitativa pela caracterização física do ARM.

A maioria do RCC é proveniente das obras, reformas e demolições que apresentam diversos sistemas construtivos, sendo o convencional estarem no mesmo ambiente: cerâmica vermelha e branca, concreto, argamassa e solo. Após o processo de triagem e britagem deste entulho, a empresa recicladora brasileira fornecerá um material de caracterização física mista, e por isso a delimitação da base de dados com artigos envolvendo ARM no Brasil.

A partir das buscas nas plataformas de dados e os critérios citados, foram encontrados 16 artigos úteis para esta revisão. Realizou-se a organização e tabulação dos artigos por meio do programa Microsoft

Excel para montagem da base de dados do presente estudo.

Após a leitura integral dos artigos, realizou-se a classificação e diferenciação dos conteúdos abordados em cada estudo, em seguida, avaliou-se a pertinência dos conteúdos ao objetivo dessa revisão e, por fim, foi realizado o agrupamento dos temas afins (OLIVEIRA, 2008). Os artigos estruturam-se pelos seguintes produtos finais: (1) concreto, (2) base e sub-base de pavimentação, (3) blocos de vedação e (4) solo-cimento.

Dos estudos incluídos foram extraídos os dados referentes à autoria de cada publicação, ano de publicação, local de coleta do ARM, resistência à compressão atingida com idade de 28 dias dos produtos fabricados com ARM, porcentagem de substituição de agregado natural por ARM, consumo de cimento, tipo de mistura para base e sub-base, classificação do RCC, análise da granulometria do ARM, produto final obtido e os indicadores de desempenho de cada norma sobre os produtos finais.

A análise de conteúdo buscou responder à questão a respeito das possibilidades de uso do agregado reciclado em substituição do agregado natural para obter bom desempenho de elementos construtivos, a fim de contribuir na implementação da logística reversa priorizando a sustentabilidade e economia circular, em território nacional. Essa abordagem consiste em um método que investiga o conjunto de informações de cada estudo realizado, apontando a capacidade das pesquisas e sua implementação no cotidiano. Dessa forma a análise qualitativa permite a compreensão em relação aos diferentes contextos.

Assim, essa etapa visou apresentar detalhadamente os parâmetros adotados para a referida pesquisa, sendo

estes essenciais no que se diz respeito ao bom desempenho dos elementos construtivos. Vale ressaltar que cada produto da construção/pavimentação possui normas e diretrizes distintas para alcance de desempenho. Com isso, foi realizado a inferência da porcentagem de incorporação de ARM e de consumo de cimento nos seguintes parâmetros dos produtos: resistência à compressão simples; capacidade de absorção de água; índice de suporte Califórnia; e expansibilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONCRETO

O concreto convencional possui um grande potencial para a utilização do ARM. A NBR 15116 (ABNT, 2021) propõe critérios de ponderabilidade em massa entre os agregados graúdos e miúdos que o compõem, que devem ser atendidos para o uso dos agregados reciclados em substituição aos agregados naturais em concretos de cimento Portland sem função estrutural, que é o objetivo dessa pesquisa. Estes parâmetros prezam pelo comportamento físico-mecânico adequado do concreto. A NBR 15116 (ABNT, 2021) recomenda que a substituição de agregado natural por agregado reciclado deve ser limitada a 20% da massa de agregados totais para concretos das classes de agressividade I e II da NBR 6118 (ABNT, 2014). Porém, para uso não estruturais, permite-se teores de substituição de até 100% da massa de agregados naturais.

Na tabela de resultados dos estudos analisados, foi descrito a composição da mistura sendo ARM a somatória total do agregado reciclado e entre parênteses foi descrito a granulometria adotada. Portanto, a porcentagem descrita de ARM é equivalente a substituição do agregado natural ao

agregado reciclado misto. Tal análise é feita para todos os elementos seguintes.

A partir dos resultados obtidos, na Tabela 1, com idade de cura igual a 28 dias, todas as resistências à compressão do concreto, dos traços analisados, foram acima de 20MPa. Na Tabela 1, após 28 dias de cura, observou-se que dos 4 artigos estudados, em 3 foram feitos ensaios com traço de referência, ou seja, apenas com agregados naturais, e que serviram de meta para os traços com teores de substituições por ARM. Os traços referências atingiram, quase que predominantemente, os maiores valores de resistência a compressão axial. Traços com ARM obtiveram resistências menores em cerca de 10% a 30% menor que suas respectivas referências, entretanto, um caso em específico obteve 21,61MPa com o teor de 15% de substituição de ARM, maior que sua referência, que alcançou apenas 21,08 MPa, pequena diferença, porém demonstrou a potencialidade do ARM, devido ao arranjo e a disposição das partículas.

Um fator que pode ter contribuído para a obtenção de uma maior resistência à compressão para o concreto com teor de 50% de ARM, é o fato de que a água absorvida pelos agregados reciclados pode ter se tornado disponível, com o passar do tempo de mistura, para a hidratação de partículas remanescentes de cimento que não foram hidratadas (Minerva, 2007). Já para os demais teores, entre 75% e 100%, houve o decréscimo da resistência à compressão, que, possivelmente, se dá por conta da natureza do próprio agregado reciclado, uma vez que a brita natural apresenta resistência mecânica superior ao ARM, como analisado por Fernandes (2015). Em suma, a substituição do agregado natural pelo agregado

Tabela 1– Base de dados do uso de ARM em concreto.

Autor - Ano	Composição da mistura	Idade (dias)	Resistência à compressão axial (MPa)	Consumo cimento (kg/m ³)	Traço (cimento:areia:brita:a/c)
Fernandes, B. C. M., 2015 ¹	Ref	28	30,00	337	1:2,59:2,71:0,59
	25% ARM (70% Areia + 30% Brita 1)	28	28,70	337	1:2,59:2,71:0,59
	50% ARM (70% Areia + 30% Brita 1)	28	25,00	337	1:2,59:2,71:0,59
Frotte, C.,2016	Ref	28	34,00	322,58	1:2,9:2,81:0,645
	25% ARM (100% Areia grossa)	28	23,60	322,58	1:2,9:2,81:0,645
	50% ARM (100% Areia grossa)	28	23,80	322,58	1:2,9:2,81:0,645
Santos, C. J. R. dos, 2018	Ref	28	21,08	215,09	1: 2,28: 2,62:0,49
	15% ARM (100% Brita 1)	28	21,61	213,26	1: 2,28: 2,62:0,53
	30% ARM (100% Brita 1)	28	21,24	211,90	1: 2,28: 2,62:0,56
Santana, V. M., 2018 ²	20% ARM (100% Areia fina)	28	41,3	488	1:0,57:0,47:0,26:2,21:0,41
	40% ARM (100% Areia fina)	28	39,5	486	1:0,44:0,36:0,54:2,16:0,42

Fonte: Autora (2023).

*ARM (composição) = somatória de teor de ARM com granulometria característica do agregado natural.

¹Para Fernandes (2015), a descrição do ARM foi estimada pois não é apresentada no artigo.

²Para Santana (2018), a descrição do traço foi feita no seguinte formato, Cimento:AreiaFina:AreiaMédia:AreiaMédiaReciclada:Ag.GraudoNatural:A/C

reciclado, considerando os teores de 25% e 50%, apresentou ótimos resultados quanto a resistência à compressão do concreto aos 28 dias, tornando essa faixa de substituição viável.

O consumo de cimento permaneceu entre 322 a 337 kg/m³, para os teores de 25 e 50% de teor de substituição em dois dos 4 estudos analisados, e entre 486 a 488 kg/m³, para os teores de 20 e 40% em outro estudo. Para o quarto estudo foi estimado o consumo de cimento, utilizando os valores de massa unitária da areia e brita fornecidos pelo autor, 1,41 e 1,45 g/cm³ respectivamente, e se considerou o uso do cimento

CPII com massa unitária igual a 1,63g/cm³ e dessa forma o consumo permaneceu entre 211,90 a 215,09 kg/m³. Neste último estudo, nota-se a diferença de consumo de cimento em comparação aos outros artigos, porém este também foi no qual se fez os menores teores de substituição, 15% e 30%, um tanto conservador para pesquisa.

Rodrigues e Fucale (2014) e Angulo (2005) realizaram estudos com concretos reciclados e chegaram à conclusão que há perda de trabalhabilidade do concreto e aumento do consumo de cimento devido a elevada absorção de água do

agregado reciclado. E, em consequência desse aumento do consumo de cimento, as misturas de concreto podem sofrer fissuração de origem térmica, devido ao calor liberado na reação de hidratação e fissuração devido a retração por secagem, além de aumentar o custo final do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Ademais, nota-se que a relação água/cimento varia ligeiramente de acordo com o acréscimo de agregado reciclado na composição do traço. O fator a/c se manteve condizente para ambos teores de substituição, mesmo porque não é conhecido o teor de absorção de água nem o índice de vazios, em nenhum dos estudos analisados. Todavia, os traços que variam também o fator a/c juntamente com o teor de areia e brita 1 de ARM, apresentaram ótimos valores de resistências, se aproximando dos traços referências.

4.2 BLOCOS DE VEDAÇÃO

Os blocos de concreto (BC) são classificados de acordo com seu uso, em termos de requisitos mínimos de resistência característica à compressão axial e porcentagem de absorção de água (%), além do uso ser para alvenaria estrutural ou de vedação. Para esta revisão, foi empregado apenas a Classe C, sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do solo. O Quadro 1 demonstra os limites que os BC devem atender relacionados aos limites de resistência, absorção e retração de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016).

Quadro 1 – Requisitos para resistência característica à compressão e absorção para blocos de concreto.

Classificação	Classe	Resistência à compressão axial (MPa)	Absorção (%)	
			Agregado normal	Agregado leve
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	≤ 10	≤ 13

Fonte: autora. (2023)

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos para os parâmetros de classificação de BC dos 3 artigos analisados deste produto final, sendo verificado a viabilidade de cada produto em conformidade com a Quadro 1.

Os valores encontrados nos artigos estudados quanto à absorção de água indicam que os traços com teor de substituição de 50% atendem o parâmetro normativo (menor igual a 10%), estabelecido na NBR 6136 (ABNT, 2016). Desta forma, o critério de absorção de água requerido para os blocos foi atendido parcialmente, uma vez que dos estudos analisados, um deles não definiu este parâmetro e o outro atingiu índice de 16%, extrapolando o limite de menor igual a 10%. Como era de se esperar, os altos valores de absorção de água podem estar relacionados, possivelmente, às características dos agregados reciclados que constituíam os blocos, em especial à maior absorção de água dos mesmos em comparação aos agregados naturais, pois geralmente os ARM apresentam argamassa e materiais cerâmicos aderidos à sua superfície.

Acerca da resistência à compressão, aos 28 dias, os blocos com substituição de 50% e 25% por areia fina de RCC se apresentaram viáveis nos artigos estudados, enquanto que na faixa de 100% de substituição houve uma significativa redução na resistência da mistura, impossibilitando que o mesmo

Tabela 2 – Base de dados do uso de ARM em elementos de blocos de concreto.

Autor - Ano	Composição da mistura	Idade (dias)	Resistência à compressão axial (MPa)	Absorção (%)	Dimensão dos blocos (cm)	Elemento
Scheifer, D. M., 2021	50% ARM (100% Areia fina)	28	3,21	9,89	14x19x39	Blocos de concreto para vedação
Borges, G. da F., 2012	25% ARM (100% Areia fina)	28	3,55	-	-	Blocos de concreto para vedação
	50% ARM (100% Areia fina)	28	3,66	-	-	Blocos de concreto para vedação
Paulino, R. S., 2022 ¹	100% ARM (70% Areia + 30% Brita)	28	0,66	16	19x19x39	Em não conformidade
	100% ARM (70% Areia + 30% Brita)	28	2,07	16	19x19x39	Em não conformidade

Fonte: autora. (2023)

*ARM (composição) = somatória de teor de ARM com granulometria característica do agregado natural.

¹ Para Paulino (2022), a descrição do ARM foi estimada pois não é apresentada no artigo. Além de que, a primeira composição utilizou a forma manual de consolidação do BC e a segunda utilizou mesa compactadora.

fosse classificado para o uso em BC. Mesmo no caso em que se usou forma manual e com mesa compactadora, os BC com o teor de 100% de substituição não ultrapassaram 2,07 MPa de resistência.

Considerando o efeito isolado do teor de substituição, o aumento de resistência do teor de 25 para 50% pode ser explicado pela melhor compactação das partículas nestas faixas, haja vista a maior quantidade de água adicionada, enquanto que na faixa de 100%, provavelmente, o efeito do aumento da relação água/cimento e da maior quantidade de agregado reciclado acabaram influenciando mais do que o benefício gerado pela maior quantidade de água para compactação, acarretando assim, redução de resistência. Há de se notar também que os teores não tão elevados de substituição por ARM podem acabar apresentando resultados similares aos obtidos com materiais convencionais, conforme a análise feito por Borges (2012).

A Tabela 2 apresenta também os valores das dimensões dos blocos estudados, de onde se pode concluir que os mesmos satisfazem os requisitos da NBR 6136 (ABNT, 2016), com dimensões nominais de 140 mm x 190 mm x 390 mm (largura, altura e comprimento) e de 190 mm x 190 mm x 390 mm, ainda dentro da tolerância máxima de ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para altura e para o comprimento. Portanto, os blocos se enquadram na classe C, sem função estrutural com substituição entre 25 a 50% por areia fina de ARM.

4.3 BASE E SUB-BASE

No que se diz respeito a base e sub-base de pavimentos, os parâmetros essenciais de análise são Índice de Suporte Califórnia (ISC) e o índice de expansibilidade (expansão) do solo. Estes parâmetros apresentam o comportamento físico-mecânico do solo para sua aplicação na pavimentação rodoviária e tem determinação por meio do ensaio de ISC realizado de acordo com a norma NBR 15115 (ABNT, 2004) e com a regulamentação do DNIT (2010). Os valores

Tabela 3 – Base de dados do uso de ARM em elementos da pavimentação.

Autor - Ano	Composição da mistura	Parâmetros	Elemento
de Oliveira, J.C., 2023	100% ARM (30% brita 1 + 10% brita 0 + 60% areia)	ISC = 68% Expansão = 0,1%	Camada de sub-base em pavimentos
da Silva, A. B. T., 2016	60% solo + 40% ARM (brita 1)	ISC = 60,21% Expansão = 0,17%	Camada de sub-base em pavimentos
Sako, N. R. N., 2023	7% areia natural + 30% aterro + 63% ARM (12% brita 1 + 23% pedrisco + 28% areia)	ISC = 62,4% Expansão = 0%	Camada de sub-base em pavimentos
Orioli, M. A., 2018	100% ARM (33% brita 1 + 33% pedrisco + 33% areia)	ISC = 80% Expansão = 0%	Camada de base em pavimentos
	15% Solo + 85% ARM (33,3% brita1 + 33,3% pedrisco + 33,3% areia)	ISC = 75% Expansão = 0%	Camada de base em pavimentos
	45% Solo + 55% ARM (50% pedra 1 + 50% pedrisco)	ISC = 50% Expansão = 0%	Camada de sub-base em pavimentos

Fonte: autora. (2023)

*ARM (composição) = somatória de teor de ARM com granulometria característica do agregado natural.

**Elemento final baseado em cada um dos estudo e de acordo com NBR 15115 (ABNT, 2004), é permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo-padrão de 80 kN no período de projeto;

limites destes índices estão no Quadro 2 e são indicadores para a composição da base e sub-base de pavimentação com o uso do ARM.

Quadro 2 – Requisitos para ISC e expansão para base, sub-base e reforço de subleito de pavimentos asfálticos.

CAMADA	ISC (%)	EXPANSÃO (%)
Reforço de subleito	Maior que o ISC do subleito	≤ 2
Sub base	≥ 20	≤ 1
Base	≥ 60	$\leq 0,5$

Fonte: autora. (2023)

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para os valores de ISC e de expansão dos 4 artigos analisados deste produto final, sendo verificada a viabilidade de cada produto em conformidade com o Quadro 2, a qual indica o tipo de emprego possível na execução

de camadas de pavimentos utilizando agregados reciclados.

Quanto à análise da porcentagem de substituição do agregado natural pelo ARM, obteve-se resultados adequados de ISC e Expansão com teores de 50% a 100% de substituição, com a distribuição granulométrica entre tamanhos de pedrisco, brita 1, areia fina e areia grossa. E ainda pode-se afirmar que, devido ao acréscimo do agregado reciclado ao solo, houve a otimização do valor de ISC e redução da Expansão, podendo considerar o compósito apropriado para utilização como material de base e sub-base de pavimentos de rodovias.

Segundo Orioli (2018), em misturas de composição solo natural + ARM há a redução no valor do ISC e

apresenta vantagens relacionadas à facilidade de produção e à melhora da trabalhabilidade, proporcionadas pelo solo e o preenchimento dos vazios da mistura pelo solo durante o processo de compactação. O uso dos agregados reciclados mistos ainda contribui para a resistência desse conjunto, pois cerca de 1/3 do ARM contém concreto, argamassa e brita e que exposto ao processo de compactação, permite ganho de resistência ao longo do tempo devido a ação de pozolanicidade e efeito filer.

4.4 SOLO-CIMENTO

O solo-cimento é um material versátil, porém, destaca-se para o presente trabalho o solo-cimento na aplicação como material de construção de paredes monolíticas ou para o levantamento de alvenaria no formato de blocos ou tijolos. Assim, no Quadro 3 estão apresentados os critérios normativos para uso do solo-cimento como material de construção.

Quadro 3 – Requisitos para paredes monolíticas, tijolos e blocos de solo-cimento.

Elemento	Resistência (MPa)	Absorção de água (%)
Paredes Monolíticas de solo-cimento (NBR 13553)	$\geq 1,0$	≤ 20
Tijolos e blocos de solo-cimento (NBR 8491)	$\geq 2,0$	≤ 20

Fonte: autora. (2023)

Os dados dos artigos elencados para análise do elemento solo-cimento estão apresentados na Tabela 4, que mostra que as misturas atenderam os requisitos mínimos de resistência estabelecido pela NBR 13553 (ABNT, 2012) para paredes monolíticas de solo-cimento, ou seja, resistência superior a 1,0 MPa, com idade de 7 dias, e, para o caso de tijolos e blocos de

solo-cimento atingiram resistência superior ou igual a 2,0 MPa que atenderam a NBR 8491 (ABNT, 2012). Além de apresentar índices de absorção de água dentro dos limites indicados, inferior a 20%, em ambos os casos.

Para Zanatta (2015), a escolha das misturas teve como objetivo o aproveitamento máximo de resíduo e o menor consumo de cimento, associado à análise das resistências preliminares obtidas no rompimento dos corpos de prova, assim foram mantidas as misturas que continham maior percentual de RCC e menor percentual de cimento. Já para Briskievicz (2022), foi notório que quanto maior a relação de ARM/solo e da dosagem de cimento na mistura, melhor foram os resultados do ensaio de resistência à compressão, e também foi observado que o aumento do ARM/solo foi mais significativo na melhora do comportamento mecânico, do que o aumento da dosagem de cimento.

Em ambos os estudos, é perceptível que se prezou pela maior inserção de RCC na mistura, uma vez que a granulometria da mistura está ligada diretamente ao alcance de massa específica aparente, conseqüentemente, à resistência do elemento final.

A absorção de água neste tipo de elemento construtivo chama a atenção, pois quanto menor a taxa de absorção de água pelas misturas, menor será sua suscetibilidade ao ataque por agentes agressivos. Já o índice de absorção média de água, apresentou variação de acordo com a quantidade acrescida de ARM nas misturas, inviabilizando-as ou não, porém como exposto na Tabela 4, todos os resultados obtidos estavam dentro dos limites estabelecidos pelas normas NBR 13555 (ABNT, 2012) e NBR 8491 (ABNT, 2012), ou seja, inferior a 20%.

Tabela 4 – Base de dados do uso de ARM em elementos de solo-cimento.

Autor - Ano	Composição da mistura	Idade (dias)	Resistência à compressão axial (MPa)	Absorção de água (%)	Consumo cimento (%)	Elemento
Souza, B.G.,2019	100% ARM (100% areia fina)	7	4,15	16,18	20	Paredes de vedação monolíticas
Briskievicz, J. F., 2022	30% solo + 70% ARM (100% areia fina)	28	2,46	19,51	14	Tijolos e blocos de solo-cimento
	70% solo + 30% ARM (100% areia fina)	28	3,37	18,13	14	
Simoni, F. C., 2020	75% solo + 25% ARM (100% areia fina)	7	2,17	19,40	20	Paredes de vedação monolíticas
	75% solo + 25% ARM (100% areia fina)	28	3,97	19,40	20	
Zanatta, K. C., 2015	67,4% solo + 27% ARM (76% areia + 14% pedregulho +5% silte + 3% argila)	7	3,00	16,60	5,70	Tijolos de solo-cimento
	57,9% solo + 34,7% ARM (76% areia + 14% pedregulho +5% silte + 3% argila)	7	4,20	17,40	7,40	

Fonte: autora. (2023)

*ARM (composição) = somatória de teor de ARM com granulometria característica do agregado natural.

Ao se analisar as misturas, notou-se que para paredes monolíticas, o teor de substituição do agregado natural pelo ARM foi entre 25% e 100% e em ambos os casos se utilizou-se areia fina com o teor de cimento estável em 20%. E, para os tijolos e blocos de solo-cimento, os teores de substituição entre 30% a 70% por ARM, com valores entre 8% a 14% de cimento, apresentaram resultados satisfatórios. A dosagem do cimento ficou em segundo plano, já que o mesmo teve menor variação. Constatou-se que a incorporação de RCC é benéfica às misturas solo-cimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta revisão sistemática pode-se concluir a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados mistos (ARM) na construção civil e pavimentação. Percebeu-se a limitação dos teores de incorporação de ARM visando atender aos requisitos físicos e mecânicos exigidos pelas normas brasileiras para os elementos construtivos. Assim, os potenciais produtos compostos por ARM e que atendem aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas foram: o concreto sem função estrutural, o bloco de concreto e tijolos de solo-cimento para vedação, paredes

monolíticas de solo-cimento e camada de base e sub-base para pavimento flexível.

Acerca dos materiais à base da matriz cimentícia recomenda-se para os blocos de concreto de vedação a substituição de 25 a 50% da areia fina por ARM miúdo. Já para o concreto convencional sem função estrutural, a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado misto, se encontra dentro dos teores de 25% e 50%, tornando essa faixa de substituição viável pelo consumo de cimento na média de 330 kg/m³. Vale ressaltar que tal porcentagem de substituição é considerada tanto para ARM miúdo e/ou graúdo.

Para camadas de base e sub-base de pavimentação, a variação do ARM entre 50% e 100%, com a distribuição granulométrica entre tamanhos de pedrisco, brita 1, areia fina e areia grossa mostraram-se adequados para pavimentos de rodovias. Por outro lado, a mistura de solo-cimento para paredes monolíticas trabalha com teores de substituição do solo pelo ARM miúdo entre 25% e 100%, utilizando teor de cimento em 20%. Também se destacaram os blocos de solo-cimento com teores de substituição entre 30% a 70% do solo por ARM miúdo estabilizados com 8% a 14% de cimento.

Destaca-se que além da viabilidade físico-mecânica do agregado natural ser substituído pelo agregado reciclado misto, têm-se as melhorias econômica e ambiental, em consequência da destinação dos resíduos da construção e demolição a uma nova funcionalidade, o que acarreta na diminuição de entulhos urbanos e no fomento da logística reversa do setor. Além disso, minimiza a retirada de recursos naturais para mitigar a agressão ambiental e agregar boas práticas de sustentabilidade à construção civil.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAL, A. E. B., SCHALCH, V., DAL MOLIN, D. C. C., et al., “Modelagem da resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados de RCD”, *Minerva*, v. 4, n. 1, pp. 75-84, 2007
- ABRECON. Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil, 2011. Disponível em: <https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>. Acesso em: 10 abr 2023.
- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 03 abr 2023.
- ANGULO, S. C. Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de Suas Características no Comportamento Mecânico de Concretos. 2005. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13553: Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13555: Solo-cimento - Determinação da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos de construção civil- Execução de camadas

de pavimentação- Procedimentos- Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491 – Tijolo de solo cimento - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BEIRIZ, Fernando A.S. Um modelo de aplicação da logística reversa na sustentabilidade da indústria da construção. 2010. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010. Disponível em: <<http://www.poscivil.uff.br/conteudo/um-modelo-de-aplicacao-da-logistica-reversa-na-sustentabilidade-da-industria-da-construcao>>. Acesso em: 15 jan 2023.

BRISKIEVICZ, J. F. VALORIZAÇÃO DE AGREGADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SOLOS ARGILOSOS PARA PRODUÇÃO DE SOLO-CIMENTO. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). Francisco Beltrão-PR, 2022.

BORGES, G. F. PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. Porto Alegre, 2012.

BRASIL, Ministério das cidades. Área de manejo de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. Brasília, DF: Ministérios das cidades, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/12813>>. Acesso em: 28 maio 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e

procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/legislacao/residuos2/CONAMA_RES_CONS_2002_307.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

CAMPO GRANDE. Decreto n. 13.192, de 21 de junho de 2017. Regulamenta a lei n. 4.864, de 7 de julho de 2010 que versa sobre o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil, no âmbito do município de Campo Grande – MS. Diário Oficial de Campo Grande – MS, 21 de junho de 2017, p. 01-06.

CAMPO GRANDE. Decreto n. 13.754, de 08 de janeiro de 2019. Dispõe sobre as normas gerais para cadastramento e emissão de Controle de Transporte de Resíduos por meio Eletrônico (E-CTR) e dá outras providências. Diário Oficial de Campo Grande – MS, 9 de janeiro de 2019, p. 01-08.

CAMPO GRANDE. Lei n. 4.864, de 7 de julho de 2010. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil e institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de acordo com o previsto na resolução CONAMA n. 307/2002, no âmbito do município de Campo Grande – MS e dá outras providências. Diário Oficial de Campo Grande – MS, 9 de julho de 2010, p. 01-08.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 378/98: Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente com Utilização de Solo Laterítico. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 398/2016: Agregados – Índice de Degradação Após Compactação Proctor (IDp). Rio de Janeiro, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 035/98: Agregados – Determinação da Abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 083/98: Agregados – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). DNIT-141/2010-ES: Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

- DNIT 172: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.
- FERNANDES, B. C. M. A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD – COMO AGREGADO PARA O CONCRETO. UNIFOR, Formiga, MG, 2015
- FROTTE, C., NÚBILA, C. S. A. D., NAGALLI, A., MAZER, W., MACIOSKI, G., OLIVEIRA, L. O. S. revista Matéria, v.22, n.2, 2017.
- LEITE, M. B. Análise comparativa entre o uso de métodos convencionais e o uso de softwares para a seleção de britadores e peneiras. 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais- 2ª Edição. Ed.: IBRACON. ISBN.:978-85-98576213. Português, p. 751, 2014.
- MORAES, F. T. F. Elaboração de um índice para avaliação da Logística Reversa e Gestão de Resíduos de Construção Civil em Municípios de pequeno e médio porte. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG. 2018.
- OLIVEIRA, D. C. de; Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Enfermagem. Rio de Janeiro. BR. Rev. enferm. UERJ, Rio de Janeiro, 2008 out/dez; 16(4):569-76.
- OLIVEIRA, J. C. de; NEVES, J. P.; BATALIONE, G.; MOURA, K. C. C.; DE OLIVEIRA, M. E.; LEITE, S. S. B.; QUEIROZ, L. J. AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RCD APLICADOS EM PAVIMENTOS URBANOS. Revista Foco |Curitiba (PR)| v.16.n.1|e671| p.01-14 |2023
- OLIVEIRA, L. J. C. et al. Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 5, 2020, p. 24447–24462. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJRD/article/view/9550>>. Acesso em: 01 maio 2023.
- ORIOLO, M. A. et al. Estudo do Uso de Agregado Reciclado Misto (ARM) em Misturas Solo agregado. ANPET, v. 32, Gramado, 2018, p. 1943–1954.
- PSCCG. Plano de Coleta Seletiva de Campo Grande – MS. Versão final do plano de coleta seletiva, 2017. Disponível em <<https://pscgmtr.wixsite.com/coletaseletiva/download>>. Acesso em 30 de abr. 2023.
- PUPIN, N. S.; MAIA, J. H. de O.; MILANI, A. P. da S. Impactos da implantação da gestão de Resíduos da Construção Civil em Campo Grande – MS. 7º ENARC (Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção), Porto Alegre, 2021.
- PUPIN, Nayara Severo. MODELO DE ESTIMAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2022.
- RODRIGUES, C. R. S.; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. Ambiente Construído, v. 14, p. 99- 111, 2014.
- SAKO, N. R.N. Utilização de resíduo de construção e demolição como pavimento sustentável. FAENG – FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL. Campo Grande-MS, 2023.
- SANTANA, V. M., LEITE, M. B. Avaliação do uso de agregados miúdos reciclados na dosagem e produção de concretos reciclados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.
- SANTOS, C. J. R. dos. ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO – IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018
- SCHEIFER, D.M., CALLEJAS, I.J.A.. revista Matéria, v.26, n.4, 2021.
- SILVA, A. B. T. da. Reaproveitamento de resíduos da construção civil como material de base e sub-base de pavimentos asfálticos. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE NÚCLEO DE

TECNOLOGIA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL. Caruaru-PE, 2016.

SIMIONI, F. C.; CALLEKAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; SOUZA, B. G. de. Solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduos de construção civil para aplicação em sistema de vedação vertical. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 281-296, out./dez. 2020.

SOLURB. Solurb Soluções Ambientais, 2022. Página inicial. Disponível em: <<https://www.solurb.eco.br/>>. Acesso em: 20 de maio 2023.

SOUZA, B. G.; CALLEJAS, I. J. A.; SIMIONE, F. C.; DURANTE, L. C. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO USO DE AREIA DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM DOSAGENS DE SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL. SEXTO ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Belém-PA, 2019.

SOUZA, C. V. C. T. de.; PAULINO, R. S.; TORALLES, B. M. Blocos de Concretos de RCD sem Função Estrutural prensados de Forma Manual e Mecânica. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v.8, n. 1, p. 1-9, 2022. DOI: 10.25286/rep.v8i1.1453

ZANATTA, K. C. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE PRISMAS DE ALVENARIA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO-RCC. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – Mestrado. Maringá- PR, 2015.