

PRODUCTION OF RECYCLED CONCRETE BLOCKS USING C&D WASTE (CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE)

Douglas Morais

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC)
E-mail: douglas.morais2@fatec.sp.gov.br

Rafael Rocha Maia

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC)
E-mail: Rafael.maia01@fataec.sp.gov.br

Paulo Eduardo Lopes França

Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)
E-mail: diego_possani@msn.com

Fabio Conte Correia

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC)
E-mail: fabiocontee@gmail.com

Paulo Henrique Ogata

Faculdade de Tecnologia de Itaquera (FATEC)
E-mail: Oगतadouglas.morais2@fatec.sp.gov.br

Resumo

Este trabalho visa apresentar uma alternativa ecológica e viável para cadeia produtiva da Construção Civil, através de recursos renováveis RCD (Resíduos de Construção e Demolição) para fabricação de Bloco de Concreto Reciclado para alvenaria de vedação, com o objetivo de suprir uma demanda crescente e em contrapartida contribuir para minimizar os impactos ao meio ambiente diminuindo a exploração dos recursos naturais, e possibilitando o avanço em pesquisas tecnológicas no que cerne a reutilização destes recursos, ao passo que fornece evidências e instrumentos para a normalização nos órgãos competentes.

O trabalho abrange uma análise laboratorial minuciosa dos materiais constituintes do RCD através de coletas distintas, processamento e determinação dos agregados por métodos de ensaios previstos na ABNT NBR 15116:2014, os quais serão utilizados no processo de produção do bloco, que por sua vez será submetido a testes específicos afim de atender as características da norma ABNT NBR 6136:2014, os resultados obtidos apresentaram a viabilidade deste estudo pela ótica econômica, técnica e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: RCD (Resíduos de Construção e Demolição); Recursos Renováveis; Sustentabilidade.

Abstract

This work aims to present an ecological and viable alternative for the Construction industry supply chain, through the use of renewable resources from Construction and Demolition Waste (CDW) to produce Recycled Concrete Blocks for masonry walls. The objective is to meet the growing demand for construction materials while contributing to minimizing environmental impacts by reducing the exploitation of natural resources. This study also aims to advance technological research in the reuse of these resources and provide evidence and instruments for standardization in regulatory agencies. The work includes a thorough laboratory analysis of the CDW constituent materials through distinct collections, processing, and determination of aggregates by test methods provided in ABNT NBR 15116:2014, which will be used in the block production process. The resulting blocks will undergo specific tests to meet the characteristics of ABNT NBR 6136:2014 standard. The results showed the feasibility of this study from an economic, technical, and sustainable perspective.

Keywords: CDW (Construction and Demolition Waste); Renewable Resources; Sustainability

INTRODUÇÃO

Cerca de 14 a 50% da Extração dos Recursos Naturais do Planeta são consumidos pela Construção Civil (JOHN, 2000). Devido ao constante crescimento dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), atrelado ao não reaproveitamento ou políticas

bem definidas para destinação destes, surge a necessidade de realizar de forma proveitosa a utilização deles, beneficiando-os para sua reutilização como matéria prima (BRASILEIRO; MATOS, 2015). De acordo com os dados estatísticos que apontam que cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção civil são recolhidos por ano no Brasil, dos quais 50% são produzidos na região sudeste, fica evidente a urgência em estabelecer práticas de reciclagem para tais, já que a falta de estudos ou esforços para reutilização dos resíduos gerados na Construção Civil são diretamente responsáveis pelo aumento do acúmulo destes nos aterros de inertes, culminando com o consumo desenfreado dos recursos naturais conforme os dados reportados na literatura (SINIR, 2022).

Conforme dados do Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (IBDS), cerca de 90% dos resíduos RCD podem ser reciclados (Nascimento, et al., 2015). A Resolução do Conama nº 307, estabelece a classificação dos Resíduos de Construção e Demolição em classes distintas segundo suas características em quatro categorias, a Classe A, Classe B, Classe C e Classe D, sendo o objeto deste estudo investigar os resíduos enquadrados como Classe A, que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados. De acordo com Daniel Simiele (9), o concreto fabricado com resíduos provenientes de construção e demolição apresenta resultados melhores em relação as características a resistência e custo. Após dosagem experimental com estes materiais, percebeu-se que os resíduos utilizados foram responsáveis pelo aumento da resistência em 39,5%, segundo parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6136:2014 ao passo que também surpreendeu no custo para produção, margeando uma economia de 20% a 30%.

Com base neste cenário, este estudo contempla o reaproveitamento do RCD na confecção de Blocos Vazados de Concreto para Alvenaria de Vedação sem fins estruturais, analisando suas características e avaliando suas qualidades e limitações no intuito de aperfeiçoar o produto obtendo resultados satisfatórios que atendam a norma ABNT NBR 6136:2014 e a ABNT NBR 15116:2014.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais: Os materiais contidos neste estudo foram coletados em fornecedores distintos conforme segue: Areia Reciclada e pedrisco Reciclado, foram fornecidos pela Usina de Reciclagem ProGuaru; Bloco de Concreto Simples para Alvenaria de Vedação, fornecido pela Fábrica de Blocos VeroBloco.

Neste trabalho foram avaliados materiais para o preparo de concreto não estrutural segundo suas classificações conforme estabelecidos pela ABNT NBR 7211:2019– Agregados para concreto – Especificação. A pesquisa foi realizada através da análise comparativa dos resultados obtidos na confecção do Bloco de Concreto Vazado Reciclado com dimensões de 14x19x39cm em laboratório com as características previstas em norma ABNT 12118:2013 para Blocos de Concreto Vazado Simples, objetivando a aproximação dos parâmetros e características exigidas para o uso. O ensaio também se estendeu para os constituintes do RCD (Resíduo de Construção e Demolição) utilizados no experimento, sendo triados e observando suas propriedades em atendimento a Norma ABNT NBR 15116:2014. Após a caracterização dos agregados, eles foram submetidos a dosagens empíricas com diferentes tipos de traços (composição da proporção da mistura dos constituintes do concreto) para a confecção do bloco de concreto, elaborados com o intuito de avaliar desempenho versus consumo. A determinação da composição granulométrica foi realizada pela norma ABNT NBR 7217. Com a definição das massas, os materiais foram submetidos ao processo de peneiramento, cada um com seu conjunto de peneiras conforme tabelas 2 e 4. A determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 7219:1987. Para este ensaio as amostras de agregados foram colhidas conforme exigências previstas na NBR 7216. A determinação da massa específica Frasco de Chapman foi realizada pela norma ABNT NBR 9776. Para este ensaio as amostras de agregados foram colhidas conforme exigências previstas na NBR 7216. A determinação da Massa Unitária seguiu a norma ABNT NBR NM 45:2006 onde para este ensaio as amostras de agregados foram colhidas conforme exigências previstas na NBR 7216. A determinação da composição dos agregados reciclados Graúdos por Análise Visual de acordo com a norma ABNT NBR 15116 onde para este ensaio as amostras de agregados foram colhidas conforme exigências previstas na NBR 7216.

FABRICAÇÃO DO BLOCO EXPERIMENTAL

Para fabricação dos blocos foram utilizados os seguintes equipamentos: Betoneira; Forma metálica para moldagem do bloco; Forma metálica para moldagem do corpo de prova; Balança com resolução de 0,1% e com capacidade mínima de 5kg; Bandejas metálicas; Conchas para coleta do material; e Haste Metálica

Bloco: Para desenvolvimento deste trabalho, foi escolhido para confecção um bloco de

vedação de alvenaria não estrutural com dimensões de 14 x 19 x 39cm, classificado pela norma ABNT NBR 6136 como classe C, para uso não estrutural e indicado para utilização em alvenarias acima do solo. Para sua produção, foi utilizado RCD como matéria prima, os quais foram submetidos e avaliados por ensaios laboratoriais atestando sua qualidade e desempenho com embasamento nas normas regulamentadoras.

PROCEDIMENTO: A primeira etapa consistiu na elaboração do traço (proporção dos materiais usados no preparo do concreto), avaliando a relação dos materiais a serem usados na mistura. Com base em suas características, foi possível determinar a fração de cada material a ser usado bem como o fato A/C (Fator água / cimento). A dosagem resultou em um traço de concreto conhecido como tipo farofa, o qual é mais seco em relação ao concreto plástico. As proporções dos materiais utilizados estão descritas na tabela 1.

TABELA 01 – GRANULOMETRIA AREIA RECICLADA

TRAÇO	TRAÇO EM MASSA				FATO A/C
	CIMENTO	AREIA	BRITA		
A	1	7	3		
B	1	8	2		1 : 1
C	1	8	1		

Fonte: O Autor (2021)

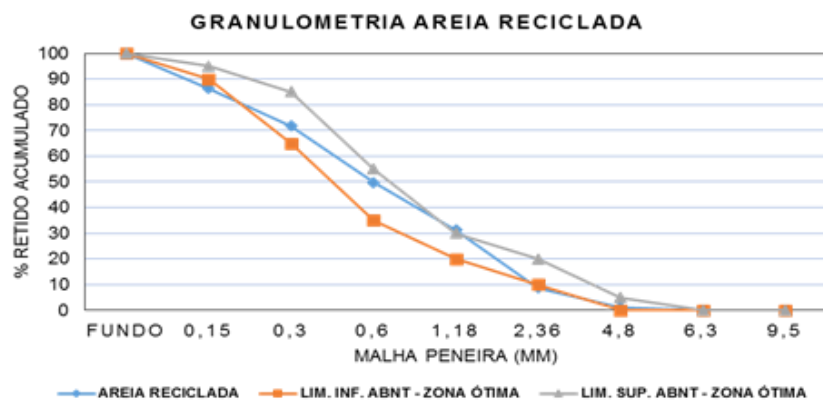
De posse destas informações, os materiais foram separados e lançados na betoneira para mistura por aproximadamente 5 minutos. À moldagem foi realizada manualmente através de forma metálica, sendo lançado os materiais sobre a mesma e realizando o adensamento e compactação dos materiais removendo os espaços vazios. Em paralelo com a moldagem do bloco, foram moldados CP (Corpos de Provas) com dimensões de Ø 15cm x 20cm de altura para análise da resistência do concreto dosado. Para cada bloco foi moldado 01 CP. A desforma do bloco foi realizada logo em seguida a moldagem in loco, sendo os mesmos transportados para câmara úmida. Os CP's moldados só foram desmoldados após o período de 24hs e então encaminhados juntamente com os blocos para câmara úmida, onde aguardaram um período de cura de 07 dias, com o objetivo de atingir seu processo de cura para que estivessem aptos para romper. Tendo atingindo o período de cura, os Blocos e CP's foram rompidos em prensa hidráulica para análise da resistência individual, seguindo

as diretrizes da norma ABNT NBR 7222.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

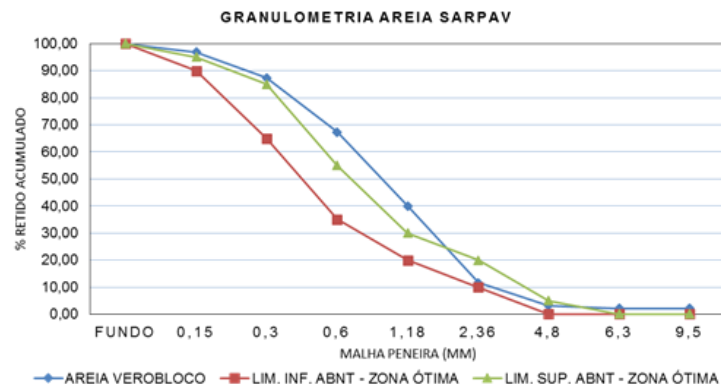
GRANULOMETRIA: Na análise granulométrica da areia reciclada foi verificado que as características desta atendem os parâmetros exigidos pela norma ABNT NBR 7211 nos limites definidos como zona ótima observados na Figura 1, além de possuírem características granulométricas muito similar ao material virgem conforme verificação da granulometria apresentados na Fig

Figura 1 – Areia reciclada



Fonte: O Autor (2021)

Figura 2 - Areia fornecedor SARPAV

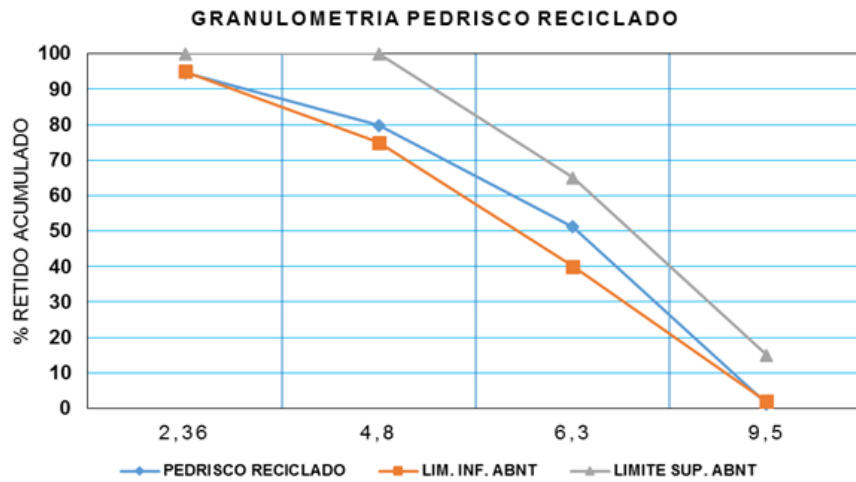


Fonte: O Autor (2021)

Os resultados também foram satisfatórios quando analisados no pedrisco, os quais se mantiveram dentro dos parâmetros exigidos pela norma ABNT NBR 7211, como pode-

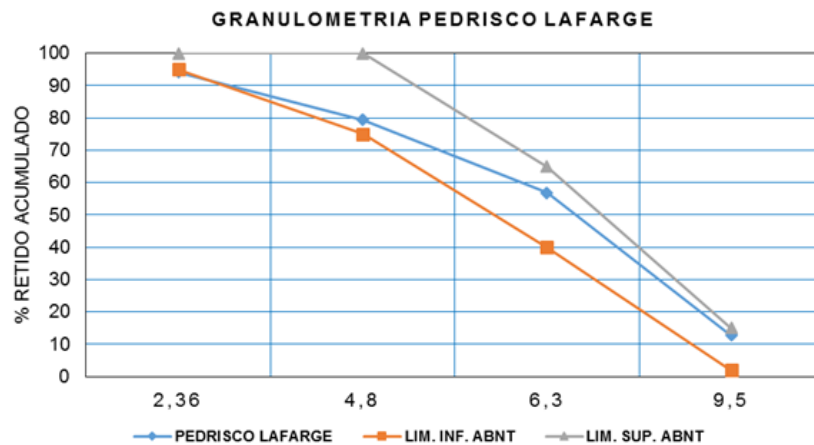
se observar no gráfico 3, possuindo muita semelhança na granulometria presente em materiais puros, conforme apresentado na figura 3 e 4.

Figura 3 –Granulometria pedrisco reciclado



Fonte: O Autor (2021)

Figura 4 –Granulometria pedrisco fornecedor LAFARGE



Fonte: O Autor (2021)

MÓDULO DE FINURA

Areia: Quando submetida a testes, a areia reciclada atendeu os limites estipulados pela norma ABNT NBR 7211 para o módulo de finura, conforme observado na tabela 2.

TABELA 2 – DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE FINURA AREIA RECICLADA

PENEIRAS	1º VERIFICAÇÃO			2º VERIFICAÇÃO			
	MAT. RETIDO	% RETIDA	% RET. ACUM	MAT. RETIDO	% RETIDA	% RET. ACUM	
9,5	0	-	-	0	-	-	
6,3	0	-	-	0	-	-	
4,8	5,4	1,080	1,080	6	1,200	1,200	
2,36	40,1	8,020	9,100	36	7,200	8,400	
1,18	110,2	22,040	31,140	114	22,800	31,200	
0,6	96,1	19,220	50,360	90	18,000	49,200	
0,3	113	22,600	72,960	107	21,400	70,600	
0,15	70	14,000	86,960	75	15,000	85,600	
FUNDO	65	13,000	99,960	70	14,000	99,600	
Σ % acum			251,600	Σ % acum			246,200
Módulo de Finura			2,516	Módulo de Finura			2,462
Média Módulo de Finura			2,49				
Limite Zona Ótima - ABNT 7211			2,2 a 2,9				

Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: Quanto ao pedrisco, a avaliação também apresentou um bom desempenho quando comparado ao material puro do fornecedor Lafarge, observando na tabela 3, nota-se uma variação devido as diferenças granulométricas dos grãos comparados, embora não seja motivo para invalidação do uso, pois esta análise apenas caracteriza os grãos.

TABELA 3 – DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE FINURA PEDRISCO RECICLADO

PENEIRAS	1º VERIFICAÇÃO			2º VERIFICAÇÃO			
	MAT. RETIDO	% RETIDA	% RET. ACUM	MAT. RETIDO	% RETIDA	% RET. ACUM	
9,5	22,9	2,290	2,29	20	2,000	2,000	
6,3	447,2	44,720	47,01	450	45,000	47,000	
4,8	223	22,300	69,31	228	22,800	69,800	
2,36	215,7	21,570	90,88	210	21,000	90,800	
1,18	24,1	2,410	93,29	25,2	2,520	93,320	
0,6	9	0,900	94,19	8,3	0,830	94,150	
0,3	13,4	1,340	95,53	14,1	1,410	95,560	
0,15	15,5	1,550	97,08	17,5	1,750	97,310	
FUNDO	27,8	2,780	99,86	25	2,500	99,810	
Σ % acum			542,570	Σ % acum			542,940
Módulo de Finura			5,4257	Módulo de Finura			5,4294
Média Módulo de Finura			5,43				
MATERIAL PURO - LAFARGE			6,33				

Fonte: O Autor (2021)

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA

Areia: A distribuição granulométrica identificou peneira de malha de 4,8mm retendo percentual acumulado $\leq 5\%$ observado na tabela 4, este parâmetro indica a dimensão máxima característica conforme estabelece a ABNT NBR 7211.

TABELA 4 – DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA AREIA RECICLADA

PENEIRAS	% RET.	% ACUM.
9,5	-	-
6,3	-	-
4,8	1,10	1,10
2,36	7,80	8,90
1,18	26,00	34,90
0,6	25,00	59,90
0,3	20,00	79,90
0,15	10,50	90,40
FUNDO	3,30	93,70

Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: Na análise do pedrisco, a malha identificada foi a de 9,5mm, pois foi o menor índice encontrado próximo ao 5% estabelecido pela norma ABNT NBR 7211. Apresentados na tabela 5.

TABELA 5 – Dimensão máxima característica pedrisco reciclado

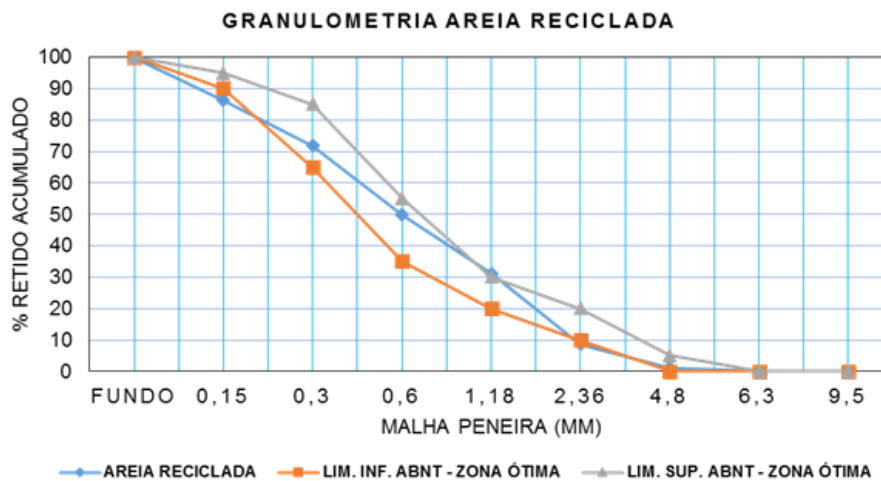
PENEIRAS	% RET.	% ACUM.
9,5	7,17	7,17
6,3	47,26	54,43
4,8	25,77	80,21
2,36	14,55	94,76
1,18	1,33	96,09
0,6	0,69	96,78
0,3	0,79	97,57
0,15	1,09	98,66
FUNDO	1,29	99,95

Fonte: O Autor (2021)

DIÂMETRO EFETIVO

Areia: A distribuição granulométrica da areia reciclada, possibilitou a identificação de seu diâmetro efetivo, o qual é representado na figura 5 com diâmetro de 0,20mm e está localizado entre as peneiras de malha 0,15mm e 0,30mm, correspondendo a fração que permite a passagem de apenas 10% dos grãos.

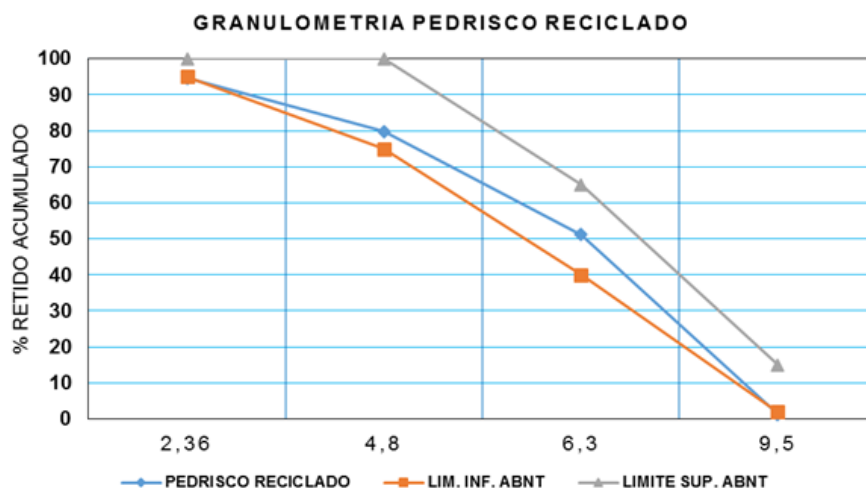
Figura 5 – Distribuição granulométrica da areia reciclada



Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: Na verificação do pedrisco, a distribuição granulométrica identificou o diâmetro efetivo na peneira de malha 2,36mm, conforme plotado no figura 6.

Figura 06 – distribuição granulométrica do pedrisco reciclado



Fonte: O Autor (2021)

COEFICIENTE DE NÃO UNIFORMIDADE - Cnu

Areia: O coeficiente de não uniformidade da areia apresentados na tabela 6, foram extraídos da relação entre os diâmetros das peneiras que correspondem a passagem de 60% e o diâmetro efetivo. O resultado obtido demonstra que os grãos observados estão classificados como muito uniforme possuindo $Cnu < 5$, conforme definição de Allen-Hazen.

TABELA 6 – Coeficiente de não uniformidade areia reciclada

Cnu AREIA RECICLADA	
% PASSANTE	D.ef (mm)
D10%	0,2
D60%	0,45
CU	2,25

Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: A análise do Cnu do pedrisco também o classifica como muito uniforme, pois obteve como resultado $Cnu < 5$, conforme demonstrado na tabela 7.

TABELA 7 – Coeficiente de não uniformidade pedrisco reciclado

Cnu PEDRISCO RECICLADO	
% PASSANTE	D.ef (mm)
D10%	2,36
D60%	5,54
CU	2,35

Fonte: O Autor (2021)

TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS

Areia: O resultado deste ensaio atendeu os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15116 para ARM (Agregado de Resíduo Misto) atendendo os limites de $\leq 20\%$ para teor de materiais passante na malha 0,75mm para agregados miúdos, conforme verificado na tabela 8.

TABELA 8 – Teor de material pulverulento areia reciclada

PULVERULENTO AREIA RECICLADA		
	AMOSTA A	AMOSTRA B
PESO SECO	500gr	500gr
PESO PÓS LAVAGEM	442,4	440
TEOR MAT. PULVERULENTO	11,52%	12,00%
MÉDIA DOS TEORES	11,76%	
LIMITE ABNT NBR 15116	≤ 20%	

Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: A análise do pedrisco também se enquadrou nos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15116, respeitando os limites exigíveis em $\leq 10\%$ para teor dos materiais pulverulentos, conforme observado na tabela 9.

TABELA 9 – Teor de material pulverulento pedrisco reciclado

PULVERULENTO PEDRISCO RECICLADO		
	AMOSTA A	AMOSTRA B
PESO SECO	1000gr	1000gr
PESO PÓS LAVAGEM	922,5	920
TEOR MAT. PULVERULENTO	7,75%	8,00%
MÉDIA DOS TEORES	7,88%	
LIMITE ABNT NBR 15116	≤ 10%	

Fonte: O Autor (2021)

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

Areia: Este resultado determina a massa do volume dos agregados excluindo-se seus vazios entre eles bem como os permeáveis. Os resultados estão apresentados na tabela 10 e tabela 11 para pedrisco.

TABELA 10 – Massa específica areia reciclada

MASSA ESPECÍFICA PELO FRASCO DE CHAPMAN		
	AMOSTRA A	AMOSTRA B
MASSA	500gr	500gr
LEITURA DO FRASCO	399	398,00
MASSA ESPECÍFICA	2,52	

Fonte: O Autor (2021)

TABELA 11 – Massa específica pedrisco reciclado

MASSA ESPECÍFICA PELO FRASCO DE CHAPMAN		
	AMOSTRA A	AMOSTRA B
MASSA	500gr	500gr
LEITURA DO FRASCO	402	400,00
MASSA ESPECÍFICA	2,49	

Fonte: O Autor (2021)

DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA

Areia: Nesta análise foi possível observar a relação do peso do volume dos agregados incluindo os vazios entre eles, os resultados obtidos foram comparados aos de materiais puros conforme observado na tabela 12. A variação encontrada deve-se ao fato da granulometria dos materiais serem diferentes, uma vez que a areia reciclada possui mais vazios entre os grãos devido a alguns deles serem ligeiramente maiores.

TABELA 12 – Massa unitária areia reciclada

MASSA UNITÁRIA		
	AMOSTRA A	AMOSTRA B
MASSA	3,58Kg	3,581
CAPACIDADE RECIPIENTE	2,92L	
MÉDIA DAS MASSAS	3,58Kg	
MASSA UNITÁRIA AREIA RECICLADA	1,23Kg/dm³	
MASSA UNITÁRIA AREIA SARPAV	1,34Kg/dm³	

Fonte: O Autor (2021)

Pedrisco: A mesma verificação está apresentada na tabela 13, na análise do pedrisco, o qual foi igualmente submetido a uma comparação com materiais virgens, e o resultado identificou uma variação um pouco maior do que a vista na areia reciclada. O fato é atribuído de igual modo a granulometria, pois existem mais grãos com variações granulométricas no material reciclado quando comparado ao puro. Mas, vale lembrar que esta variação é indiferente para validação do uso deles, uma vez que ela serve apenas para identificar a densidade dos materiais em seu estado solto, sendo necessária para fins de levantamento quantitativo.

TABELA 13 – Massa unitária pedrisco reciclada

	MASSA UNITÁRIA	
	AMOSTRA A	AMOSTRA B
MASSA	3,1Kg	3,2
CAPACIDADE RECIPIENTE		2,92L
MÉDIA DAS MASSAS		3,15Kg
MASSA UNITÁRIA		1,06
MASSA UNITÁRIA PEDRISCO LAFARGE		1,42

Fonte: O Autor (2021)

Determinação da Composição dos Agregados Reciclados Graúdos por Análise Visual: De acordo com a norma ABNT NBR 15116, os agregados analisados se enquadram na classificação de ARM (Agregado de Resíduos Misto) pois a somatória do Grupo 1 e Grupo 2 é <90%, o que é definido pela norma como ARM. Outro resultado positivo, foi que a análise dos materiais detectou um índice de materiais não minerais abaixo dos limites estabelecidos pela norma, para os quais são definidos uma margem de até 2% do total da amostra, tanto para agregado miúdo, quanto para agregado graúdo conforme descritos na tabela 14.

TABELA 14 – Classificação dos agregados reciclados

CLASIFICAÇÃO DOS AGREGADOS					
GRUPO 1	ROCHA	340	11,44%	70,54%	< 90% = ARM
GRUPO 2	CIM	1756,9	59,11%		
GRUPO 2	CERÂMICA	775,3	26,08%		
GRUPO 3	CESSO	42,3	1,42%		
GRUPO 4	ORGÂNICO (Não minerais)	58	1,95%		
TOTAL		2972,5g			

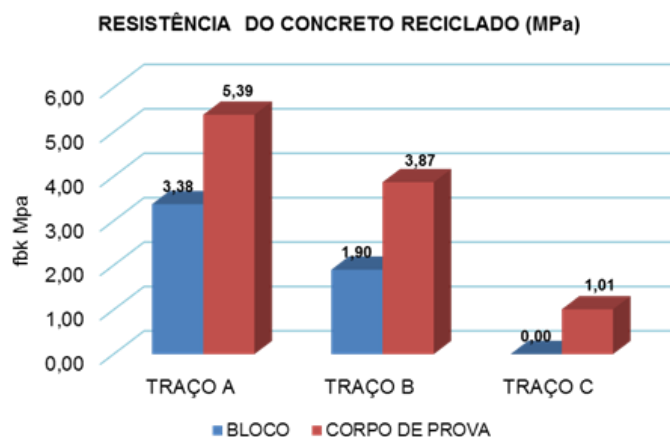
Fonte: O Autor (2021)

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO BLOCO DE CONCRETO

A análise da resistência dos blocos atendeu os limites exigíveis na norma ABNT NBR 6136, que estabelece uma resistência $f_{bk} \geq 3,0$ MPa para blocos de concreto não estrutural. Na tabela 19 estão descritos os traços usados para moldagem dos blocos bem como a resistência individual alcançada. Em paralelo a resistência do concreto também foi analisada nos corpos de provas moldados com os mesmos traços usados na moldagem do bloco apresentados na tabela 20.

Também foi avaliada a resistência no bloco de concreto puro imagem 12, fornecido pela fábrica de blocos VeroBloco. O bloco possui selo de qualidade e garantia ABCP os resultados estão apresentados na figura 7.

GRÁFICO 07 – Resistência a compressão do concreto reciclado



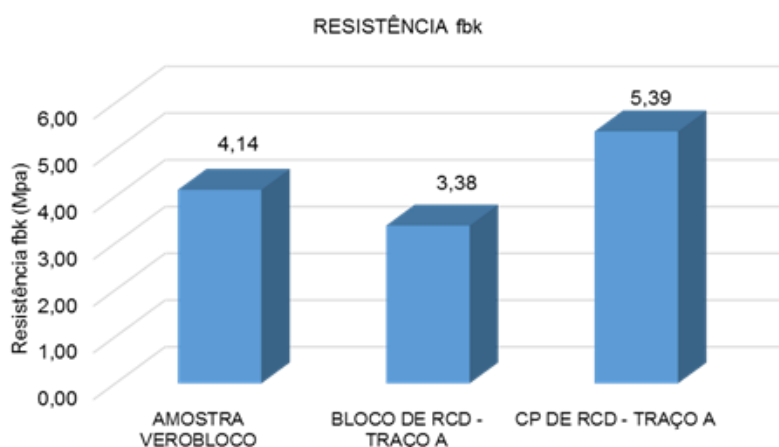
Fonte: O Autor (2021)

Conforme observado no figura 7, os corpos de provas atingiram uma resistência

superior aos blocos de concreto, esta variação está relacionada diretamente ao processo de moldagem das peças, pois foi observado no experimento que a moldagem nos CP's ficou mais coesa do que as moldagens realizadas nos blocos. Isto posto, devido à dificuldade de adensamento dos materiais ser maior na moldagem dos blocos em relação aos CP's, conforme constatado pelo observador que realizou as moldagens.

O traço C é apresentado como resistência 0 para o bloco, já que não foi possível realizar o rompimento dele, pois este se partiu antes da verificação, devido a dosagem deste traço não ter alcançado a resistência necessária para tornar a mistura homogênea e manter o molde da peça, não sendo recomendado para fabricação.

Figura 08 – Comparação da resistência a compressão dos blocos de concreto



Fonte: O Autor (2021)

É possível observar no gráfico 8, que a amostra da fábrica VeroBloco atingiu uma resistência ligeiramente superior ao bloco de concreto com RCD, embora não tenha superado a resistência do concreto reciclado verificada no corpo de prova, no qual pode se observar melhor homogeneidade da mistura.

Em comparação ao CP dosado com o traço A x bloco VeroBloco, o concreto reciclado apresentou uma resistência superior em 30,19%, e se comparado ao limite mínimo de fbk 3,0MPa exigido pela ABNT NBR 6136, o ganho é ainda maior, pois apresenta resistência superior em 79,67%.

VIABILIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO

As investigações deste trabalho não se restringiram apenas ao campo sob os aspectos técnicos, mas também sobre a ótica da viabilidade financeira, sendo indispensável sua apuração, pois ela determina se o projeto é exequível ou não sobre a perspectiva econômica. Para tal, foram examinados os custos de materiais, mão de obra e tempo de fabricação, análogo as informações praticadas no mercado atual. Objetivando a interpretação destes dados, foi elaborado uma planilha de custos para analogia e confronto dos elementos que podem ser observados nas tabelas 15 e 16.

TABELA 15 – Custos aplicados ao bloco de concreto reciclado

TRAÇO A - CONCRETO COM MATERIAL RCD					
MATERIAIS	Custo Unit.	Cons. / Unid. (Kg)	Cons. / 1000 (Kg)	Custo Unit.	Custo / 1000
CIMENTO CP II E32 Votoran SACO 50 Kg	R\$ 20,00	1	1000	R\$ 0,40	R\$ 400,00
AREIA RECICLADA (PROGUARU) m³	R\$ 13,00	7	7000	R\$ 0,07	R\$ 73,99
PEDRISCO RECICLADO (PROGUARU)m³	R\$ 13,00	3	3000	R\$ 0,04	R\$ 36,75
TOTAL				R\$ 0,511	R\$ 510,74
<u>CUSTO UNITÁRIO</u>					
CAPAC. PRODUTIVA DIA				5.000 unid	
CUSTO MP PRODUÇÃO DIA	R\$ 2.553,88				
CUSTO M.O DIA	R\$ 33,33				
CUSTO UNITÁRIO	R\$ 0,52				

Fonte: O Autor (2021)

TABELA 16 – Custos aplicados amostra bloco VEROBLOCO

BLOCO – VEROBLOCO					
MATERIAIS	Custo Unit.	Cons. / Unid. (Kg)	Cons. / 1000 (Kg)	Custo Unit.	Custo / 1000
CIMENTO CP II E32 SACO 50 Kg	R\$ 35,00	0,75	750	R\$ 0,53	R\$ 393,75
AREIA (SARPAV) m³	R\$ 26,00	13	13000	R\$ 0,27	R\$ 274,80
PEDRISCO (LAFARGE) m³	R\$ 26,00	2	2000	R\$ 0,05	R\$ 49,06
ADITIVO BWA 16 (ton)	R\$ 180,00	0,3	300	R\$ 0,05	R\$ 50,94
TOTAL				R\$ 0,90	R\$ 768,55
<u>CUSTO UNITÁRIO</u>					
CAPAC. PRODUTIVA DIA				5.000 unid	
CUSTO MP PRODUÇÃO DIA	R\$ 4498,98				
CUSTO M.O DIA	R\$ 33,33				
CUSTO UNITÁRIO	R\$ 0,91				

Fonte: O Autor (2021)

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que o custo para fabricação do Bloco de Concreto Reciclado é inferior quando comparado aos custos praticados para produção de Bloco de Concreto com material virgem pela fábrica VeroBloco, vale lembrar que os custos adotados nos materiais, são os mesmos praticados pelo mercado. Com base na análise realizada nas tabelas de custos aplicados 22 e 23, os dados apontaram uma redução de 43,02% do custo quando utilizado RCD na produção do bloco de concreto.

O estudo minucioso dos materiais contidos neste trabalho somado as evidências observadas, retrata de forma técnica e objetiva a contribuição e importância do uso do RCD na produção de elementos de concreto, trazendo consigo um aumento da compreensão destes e o benefício que gera ao meio ambiente minimizando os impactos causados pela construção civil, de modo que é evidente afirmar sua viabilidade sobre os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica 61 (2015) 178-189

Farias, C. A. S. de, H. C. et al. **Previsão do Desempenho de Blocos de Vedação Produzidos com Resíduos da Construção Civil através de Inteligência Artificial**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.1, 2 (2006) 18-29 -, 2006.

JOHN, Moacir Vanderley. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-27072022-082553/pt-br.php>. Acesso em: 17 nov. 2022.

Nascimento, F. A. T.; et al. **Reutilização e Reciclagem de Resíduos Sólidos Gerados na Construção Civil**. Ciências exatas e tecnológicas, Maceió. periodicos.set.edu.br, v. 3, n.1, p. 141-152, 2015.

SINIR. Resíduos Sólidos da Construção Civil. Disponível em
<https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/>.
Acessado em 30/11/2022.