

## **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE CONCRETOS COM DIVERSOS TEORES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

**FREDERICO FONSECA BRAGA<sup>1</sup>; GUILHERME HOEHR TRINDADE<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFPEL – [fredericofonsecabraga@gmail.com](mailto:fredericofonsecabraga@gmail.com)

<sup>2</sup>UFPEL – [guilherme.hoehr@ufpel.edu.br](mailto:guilherme.hoehr@ufpel.edu.br)

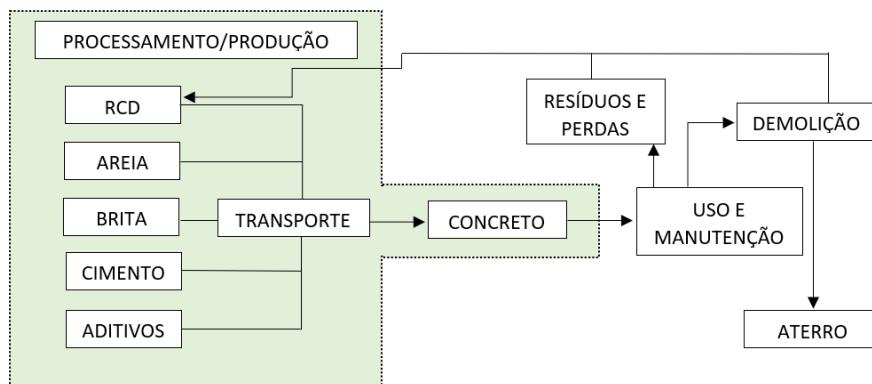
### **1. INTRODUÇÃO**

A preocupação com geração de resíduos é crescente no mundo, uma proposta da Comissão Europeia de 2014, prevê o objetivo de reciclagem de 70% dos resíduos urbanos até o ano de 2030 e a proibição de alocação de materiais recicláveis e biodegradáveis em aterros até 2025 (DW, 2014). No cenário da construção civil, o setor é responsável por 56,32% de geração de resíduos sólidos no Brasil, tendo uma coleta diária de 0,585 kg/habitante/dia, totalizando 122.012 toneladas por dia. (ABRELPE, 2019). Em conjunto, o setor é responsável pelo consumo aproximado de 75% dos recursos naturais explorados. (CBCS, 2007)

Os agregados são responsáveis aproximadamente por até 75% do volume do concreto (SBRIGHI NETO, 2011). Visto isso, a possibilidade da substituição desses agregados por resíduos de construção e demolição (RCD), se faz interessante, uma vez que estará dando um novo ciclo e uma destinação mais nobre à um material que poderia ser descartado, assim reduzindo o consumo de matérias primas para a produção de concreto. Logo, uma opção seria a substituição dos agregados naturais por agregados de RCD na composição da mistura do concreto (LIMA, 1999). Assim, o artigo busca mensurar os impactos ambientais (energia incorporada e emissão de carbono) de composições de concretos com agregados reciclados em comparação à concretos com agregados naturais.

### **2. METODOLOGIA**

Para a análise comparativa do impacto ambiental do concreto com e sem agregados reciclados, considerar-se os quesitos de energia incorporada e a emissão de carbono no processamento dos materiais da composição, como também o seu transporte, não mensurando o seu uso, manutenção e descarte. O fluxograma representado na figura 1 será usado como critério na análise dos parâmetros ambientais.



**Figura 1:** Fluxograma de análise

Sendo o processamento/produção todo processo para a fabricação do material, como impactos da planta da fábrica que o produz, máquinas de extração do material e impactos diretos da extração do material; já no quesito do transporte, sendo considerado o diesel consumido para o transporte do material ao destino.



A partir deste modelo (figura 1), serão analisados 12 traços de concreto, com diferentes teores de RCD, variando a relação água/cimento. Os traços foram divididos pela sua relação água/cimento (a/c), sendo eles, 0,65; 0,45 e 0,35. Com essa divisão, alterou-se o teor de RCD de cada traço, variando de 0%, 20%, 50% e 100%. Os traços podem ser observados no quadro abaixo:

Substituição	a/c=0,65					a/c =0,45					a/c=0,35							
	Cimento	Areia	Brita	RCD	Aditivo	fck	Cimento	Areia	Brita	RCD	Aditivo	fck	Cimento	Areia	Brita	RCD	Aditivo	fck
0% RCD	270,6	915,9	1010,5	0	0,95	19,5	393,2	801	1017,3	0	0,74	30,4	508,6	692,8	1023,2	0	0,69	43,7
20% RCD	270,6	894,6	794	198,5	0,63	18,9	393,2	779,4	799,2	199,8	0,53	31,1	508,4	670,9	803,9	201,3	0,92	43,1
50% RCD	270,7	863,9	483,1	483,1	0,99	19,2	393,3	748,7	486,3	486,3	0,87	27,3	508,5	640,1	489,3	489,3	1,03	32,5
100% RCD	270,8	816,5	0	925,7	0,60	15,9	393,5	700,7	0	931,9	0,76	22,7	508,8	591,7	0	937,5	0,85	31,2

Quadro 1: Traços de concreto

Os dados de energia incorporada (EE) e o fator de emissão de carbono (FE) do processamento de cada material foram retiradas de diversas fontes, sendo estabelecida uma média entre os valores encontrados  $((x_1+x_2+\dots+x_n)/n)$ , em conjunto, obteve-se os dados da utilização do diesel no transporte. O quadro 2 representa os parâmetros ambientais analisados neste estudo EE e FE.

Material	EE (MJ/UM)	Fonte	FE (kgCO2/UM)	Fonte
<b>Cimento</b>	3632	[CBCS] [TAVARES] [SILVA]	755	[CBCS] [SILVA] [COSTA]
<b>Areia</b>	54,7	[CBCS] [SOUZA] [TAVARES]	6,9	[SOUZA]
<b>Brita</b>	55,6	[CBCS] [TAVARES] [ROSSI]	4,00	[TAVARES]
<b>RCD</b>	1,3	[OLIVEIRA]	17,25	[OLIVEIRA]
<b>Aditivo</b>	6800	[EFCA]	380	[EFCA]
<b>Diesel</b>	35,52	[MCT]	2,98	[MCT]

Quadro 2: Parâmetros de impacto ambiental

Em relação ao transporte, estabeleceu-se as seguintes distâncias para contabilização do impacto ambiental do transporte de cada material, conforme pode ser verificado no quadro 3.

Material	Distância (km)
<b>Cimento - (Canoas - COTADA)</b>	274
<b>Areia - (CANAL - COTADA)</b>	44
<b>Brita - (JAZIDA - COTADA)</b>	60
<b>RCD - (RAIO de Pelotas - COTADA)</b>	12
<b>Aditivo - (São Paulo - COTADA)</b>	1387

Quadro 3: Deslocamento estimado da origem ao destino

A partir da composição de cada traço, calculou-se a EE e o FE dos 12 traços ( $EE/FE_{processamento} + EE/FE_{transporte} = EE/FE_{total}$ ), após, condessou-se o resultado absoluto os dados estão representados no quadro 4, gerando também um gráfico 1 do impacto ambiental de cada fck dos 12 traços (EE/fck; FE/fck), assim estabelecendo uma comparação entre cada traço, sendo a composição de maior impacto ambiental como referência (100%) para a comparação.

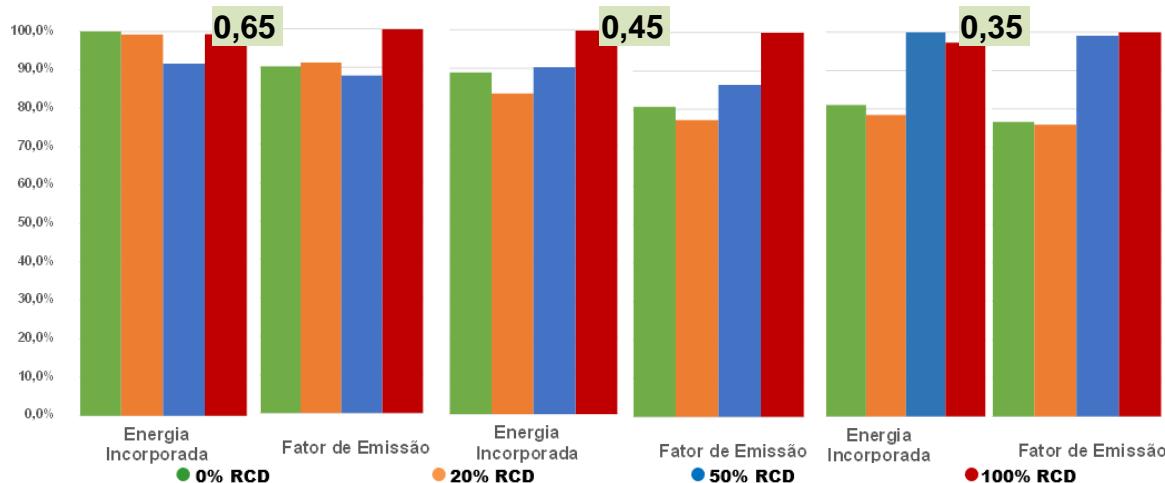
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Substituição	a/c =0,65		a/c =0,45		a/c =0,35	
	EE (MJ)	FE (kgCO2)	EE (MJ)	FE (kgCO2)	EE (MJ)	FE (kgCO2)
0%	1750	273	2244	369	2715	463
20%	1681	267	2149	361	2590	452
50%	1579	262	2047	355	2486	444
100%	1418	247	1886	342	2324	431

Quadro 4: Cálculo do EE e FE para cada traço

Observa-se que quanto maior o teor de substituição dos agregados naturais por agregados reciclados maior foi a redução dos impactos ambientais de forma absoluta, chegando a uma redução de 19% de energia incorporada e 10% de

emissão de carbono do traço com teor de substituição de 100% em comparação ao traço sem RCD.



**Gráfico 1:** Impactos ambientais por fck dos traços

Quando analisados o impacto ambiental por fck, observa-se que nos traços com a/c de 0,65, os concretos de 0% e 20% apresentaram um desempenho semelhante, nesta relação a/c o concreto com 50% de RCD foi o qual obteve um melhor desempenho com uma significativa redução de 8,4% na energia incorporada em comparação ao concreto de 0% de RCD, seguindo o mesmo resultado obtido na pesquisa de Tonon, 2020.

Já nos traços com 0,45 de a/c, foi visto um melhor desempenho do concreto com 20% de RCD, distoando dos demais, com uma emissão de carbono e energia incorporada menor em comparação ao concreto sem presença de RCD.

Enquanto, nos traços de 0,35 a/c, os traços de 0% de 20% mantiveram-se próximos, enquanto os concretos com 50% e 100% de RCD apresentaram um desempenho pior ao concreto de 0% de agregados reciclados, tal situação, em concretos de maior resistência, também é vista no estudo de Piccini, 2021.

#### **4. CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o traço com subsituição de 100% dos agregados miúdos por RCD se mostrou o traço com menor impacto geral, contudo quando analisado o mesmo impacto dividido pelo seu fck, se mostrou menos eficiente que traços com menores teores de RCD, mostrando que o seu uso não é viável com o intuito de redução de impactos ambientais.

Em seguida, observa-se o concreto com 50% de subsituição, o qual se mostrou mais eficiente que os demais quando usada a relação a/c de 0,65, com uma performance mediana na relação a/c 0,45 e um desempenho ruim na a/c 0,35.

Enquanto, é observado que o concreto com 20% de RCD se mostrou ambientalmente mais eficaz em todas relações água/cimento em comparação ao concreto sem agregados reciclados, com isso, podendo vir a substituir composições com agregados naturais.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABRELPE, “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019”, São Paulo (2019).
- CBCS, “Sustentabilidade na construção”, São Paulo (2007).
- CBCS, “Projeto avaliação de ciclo de vida modular de blocos e pisos de concreto”, São Paulo (2020).



- COSTA, B.L.C. “Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na Construção Civil no Brasil”. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UFRJ. 190p. Rio de Janeiro (2012).
- DW. UE propõe leis para promover a reciclagem de materiais. Deutsche Welle, Bonn, Alemanha, 12 jul. 2014. Acessado em 17 ago. 2022. Online. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/a-17776261>
- EFCA, “Normal Plasticizing Admixtures”, European Federation of Concrete Admixtures Associations, doc.124ETG; Europa (2002).
- LIMA, J. A. R. “Proposição de diretrizes para a produção e normalização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos”. São Paulo, Brasil (1999)
- MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. “Cálculo dos fatores de emissão de CO<sub>2</sub> pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil”. 15p. Brasil (2015).
- MOTTA SRF, AGUILAR MTP. “Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos” Belo Horizonte (2009).
- NETO, A.C.N. “Energia Incorporada e Emissões de CO<sub>2</sub> de Fachadas. Estudo de Caso do Steel Frame para Utilização em Brasília”. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UNB. 157p. Brasília (2011).
- OLIVEIRA, L. S. et al. “Emissões de CO<sub>2</sub> dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD): dois estudos de caso”. 3º Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção ENARC, 15p. São Leopoldo (2013).
- PICCINI, G.D. “ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE CONCRETOS ECOAMIGÁVEIS COM AGREGADO RESIDUAL DE DEMOLIÇÃO E POZOLANA”. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil, UFSM. Santa Maria (2021).
- ROSSI, “E. Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso”. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar. 131p. São Carlos (2013).
- SAADE, M.R.M. et al. “Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. Smart and Sustainable Built Environment”, v.3. p. 54-71. Brasil, (2014).
- SANTORO, J.F. M. Kripka. “Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Norte. Ambiente Construído”, v. 16. p. 35-49. Porto Alegre (2016).
- SBRIGHI NETO, C. “Concreto: ciência e tecnologia”. 1<sup>a</sup>.ed. São Paulo (2011).
- SILVA, B.V. “Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações”. Dissertação de mestrado em Estruturas e Construção Civil, UNB. 157p. Brasília (2011).
- SOUZA, A. “Avaliação do ciclo de vida da areia em mineradora de pequeno porte, na região de São José do Rio Preto, SP”. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana, UFSCar. 118p. São Carlos (2012).
- TAVARES, S.F. “Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras”. Tese de doutorado em Engenharia Civil, UFSC. 225p. Florianópolis (2006).
- TONON, D.C. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DOS CONCRETOS COMPOSTOS COM AGREGADOS GRAÚDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM DIFERENTES TEORES DE SUBSTITUIÇÃO. Tese de mestrado em Engenharia Civil, PUCRS. 72p. Porto Alegre (2020).