

## **III-899 - ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS POR RECICLADOS EM OBRAS PÚBLICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA – ES**

### **Renato Meira de Sousa Dutra<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (UFES). Doutorando em Engenharia Ambiental (UFES). Professor do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense).

### **Claudio Teixeira Paixão<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Sócio da Vila Recicla ME.

### **Diego Gatti<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental (UFES). Consultor Ambiental.

### **Renato Ribeiro Siman<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental (UFES).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Laboratório de Gestão do Saneamento Ambiental, Salas 20 e 21, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória-ES, CEP: 29.075-910, Brasil - Tel: (27) 3335-2168 - e-mail: lagesa@ufes.br.

## **RESUMO**

Os resíduos de construção civil e demolição (RCD) são passíveis de serem reciclados e posteriormente utilizados em substituição aos agregados naturais. Assim, este estudo teve como objetivo analisar a disponibilidade de RCD com potencial para a reciclagem em agregados e relacionar com o uso de agregados naturais substituíveis por reciclados em obras públicas da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Para tanto foi realizada uma pesquisa documental para estimar a quantidade de resíduos naturais utilizados em obras públicas na RMGV por meio do portal GEO-OBRA, seguida de uma estimativa da coleta de RCD Classe A na RMGV e análise da disponibilidade de RCD para a produção de agregados reciclados. Como resultados, pode-se afirmar que a demanda por agregados (2.719,03 m<sup>3</sup> por mês) é muito menor que a coleta de resíduos passíveis de reciclagem e transformação em agregados reciclados (51.770,03 m<sup>3</sup> por mês) o que indica que reciclando apenas 5% dos resíduos com potencial para transformação em agregados coletados na RMGV seria possível suprir toda a demanda de obras públicas registradas no portal GEO-OBRA, gerando uma economia mensal de R\$ 82.468,18 para os cofres públicos dos municípios da RMGV.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de construção civil e demolição (RCD), Agregados recicláveis, Obras públicas, Região Metropolitana da Grande Vitória.

## **INTRODUÇÃO**

A construção civil no Brasil ocupa lugar de destaque na economia, com participação em torno de 5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (CBIC, 2018). Entretanto, essa atividade resulta na geração de resíduos, os quais nem sempre têm um destino correto. Nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), são considerados resíduos de construção civil e demolição (RCD) os resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010).

No Brasil, a região que mais se destaca na coleta municipal desse resíduo é a sudeste, com mais da metade de todo o volume nacional coletado, embora parte da geração seja descartada incorretamente e sem controle e, portanto, não contabilizada (ABRELPE, 2018). Problema este, agravado pela falta de áreas e projetos adequados para disposição final dos resíduos gerados, tornando mais grave os problemas ambientais (Oliveira et al., 2013).

Visando o aproveitamento e reciclagem desses resíduos, além do manejo correto, um total de cinco normas foram elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 15.112, NBR 15.113, NBR 15.114, NBR 15.115 e a NBR 15.116. Estas abordam as diretrizes para projeto, implantação e operação das áreas de manejo, bem como o estabelecimento de requisitos para os agregados reciclados que podem ser gerados e sua aplicação em obras de engenharia. Dentre elas, uma aborda especificamente a utilização dos agregados reciclados em camadas de pavimentação e em preparo de concretos sem função estrutural.

De acordo com a Pesquisa Setorial 2017/2018, da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON), existem 360 usinas de reciclagem de RCD no país, sendo 4 delas instaladas no Espírito Santo (ABRECON, 2019). Ainda segundo a associação, a produção média identificada foi de 290.370 m<sup>3</sup>/mês de agregados reciclados, enquanto que a capacidade máxima instalada foi de 827.720 m<sup>3</sup>/mês.

Pode-se afirmar que há um grande potencial de crescimento no setor da reciclagem de RCD no país, considerando as demandas tanto de resíduos coletados, quanto de fornecimento de agregados para o setor da construção civil, visto que atualmente o total estimado de usinas existentes no país somente atenderia a 43% da demanda por reciclagem de RCD caso estivessem funcionando em sua capacidade máxima (ABRECON, 2019).

Assim, este estudo buscou analisar a disponibilidade de RCD com potencial para a reciclagem em agregados e relacionar com o uso de agregados naturais substituíveis por reciclados em obras públicas da Região Metropolitana da Grande Vitória.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE AGREGADOS NATURAIS**

Primeiramente foram coletados dados relacionados à utilização de agregados naturais nas obras da RMGV dos últimos 10 anos no portal GEO-OBAS (<https://geoobras.tce.es.gov.br>).

Os dados obtidos foram organizados de forma que para cada obra encontrada pudesse ser identificado o município, o tipo de obra, o número do contrato, o ano de início, o prazo da obra, o valor total da obra, o produto, a unidade de medida do produto e a quantidade utilizada do produto.

Para determinação da quantidade de agregados naturais utilizados foi realizado o somatório em metros cúbicos dos valores coletados dos produtos, esse somatório foi dividido pelos 10 anos de pesquisa, e por 12 meses do ano, obtendo assim uma média mensal (Agregados<sub>RMGV</sub>).

### **ESTIMATIVA DE COLETA DE RCD**

Foi realizada a estimativa da coleta de RCD Classe A, com o objetivo de verificar a disponibilidade de resíduos coletados na região passíveis de serem transformados em agregados reciclados, ou seja, qual o potencial de produção de agregados reciclados da região. Para isso, foi utilizado o índice de coleta de resíduos da construção civil por habitante para a região sudeste do Brasil, divulgado no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017 da ABRELPE (2018).

Foi utilizado o percentual de resíduos Classe A nos RCD coletados, aferido por Ramos (2007) no município de Vitória para todos os municípios da pesquisa.

Com esses dados, é possível estimar a coleta de RCD Classe A da RMGV, a partir da Equação 1:

$$RCD_A = \text{População} \times \text{Índice de Coleta RCD} \times \text{Percentual "Classe A"} \quad (1)$$

Onde, RCD<sub>A</sub> é o fator que representa, neste estudo, o potencial de produção de agregados reciclados da região.

## ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DE RCD PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS

Para a análise da disponibilidade dos resíduos Classe A em relação à média da quantidade de agregados naturais utilizados nos últimos dez anos de pesquisa em obras públicas da RMGV, foi estabelecida a Equação 2:

$$\text{Disponibilidade} = \text{Agregados}_{\text{RMGV}} / \text{RCD}_A \quad (2)$$

Já para a realização da comparação de preços foram observadas as médias dos valores de aquisição de agregados naturais e reciclados. Para os naturais, foram utilizadas as médias dos preços dos produtos fornecidos pelo Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo (IOPES).

Já para os agregados reciclados, foi utilizado o valor de venda desses produtos informado pela maior parte das usinas de reciclagem brasileiras, de acordo com a pesquisa setorial da ABRECON (2019).

## RESULTADOS

Com os dados obtidos através da plataforma GEO-OBRAS e com o uso do software Excel, foram somadas as quantidades de agregados naturais utilizados nos tipos de obras públicas listados na metodologia e obtida a média mensal dos últimos dez anos, representada por  $\text{Agregados}_{\text{RMGV}}$  conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 - Utilização de agregados naturais em obras públicas de 2008-2018.**

Município	População (hab.)	Número de obras	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Média (m <sup>3</sup> )	Desvio Padrão (m <sup>3</sup> )
Cariacica	378.603	23	63.991,55	2.782,24	3.945,39
Fundão	21.061	9	5.835,43	648,38	557,17
Guarapari	122.982	24	32.287,13	1.345,30	2.996,55
Serra	507.598	27	68.526,28	2.538,01	6.428,39
Viana	76.954	1	14.965,03	14.965,03	-
Vila Velha	486.208	46	65.386,32	1.421,44	2.437,78
Vitória	358.267	58	75.291,84	1.298,14	2.196,72
<b>Total</b>	<b>1.951.673</b>	<b>188</b>	<b>326.283,60</b>	<b>1.735,55</b>	<b>3.596,15</b>

Fonte: TCE-ES (2018).

Com relação à variável  $\text{Agregados}_{\text{RMGV}}$ , que representa a média mensal de utilização dos agregados nos últimos dez anos, foram obtidos os valores conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 - Média mensal de utilização de agregados naturais em obras públicas na RMGV.**

Município	$\text{Agregados}_{\text{RMGV}}$ (m <sup>3</sup> /mês)
Cariacica	533,26
Fundão	48,63
Guarapari	269,06
Serra	571,05
Viana	124,71

Fonte: TCE-ES (2018).

A média de coleta de RCD na região Sudeste no ano de 2017, foi de 0,737 kg/hab/dia (ABRELPE, 2018). Para obter uma média mensal, o valor foi multiplicado por 30 dias, resultando em 22,11 kg/hab/mês, que equivale a 0,02211 ton/hab/mês.

Segundo Ramos (2007), a composição gravimétrica dos RCD do município de Vitória-ES é de 79,23% do total classificados como Classe A, e o peso específico aparente estimado foi de 0,6604 ton/m<sup>3</sup>. Em relação à população da região, foram utilizados os dados da estimativa do IBGE (2019).

Todos esses valores foram utilizados para estimar a geração dos RCD Classe A (*RCDA*) dos municípios da RMGV, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Estimativa de coleta de RCD Classe A.**

Município	População	Estimativa de Coleta de RCD (ton/mês)	<i>RCDA</i> (m <sup>3</sup> /mês)
Cariacica	378.603	8.370,91	10.042,81
Fundão	21.061	465,66	558,66
Guarapari	122.982	2.719,13	3.262,22
Serra	507.598	11.222,99	13.464,54
Viana	76.954	1.701,45	2.041,28
Vila Velha	486.208	10.750,06	12.897,14
Vitória	358.267	7.921,28	9.503,38
<b>Total</b>	<b>1.951.673</b>	<b>43.151,49</b>	<b>51.770,03</b>

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a estimativa, a RMGV coleta por mês 51.770,03 toneladas de RCD Classe A, ou seja, resíduos que possuem potencial para a produção de agregados reciclados, representados por *RCDA* nesse trabalho.

A Tabela 4 mostra a relação entre os agregados utilizados mensalmente em obras públicas e os RCD Classe A coletados nos municípios:

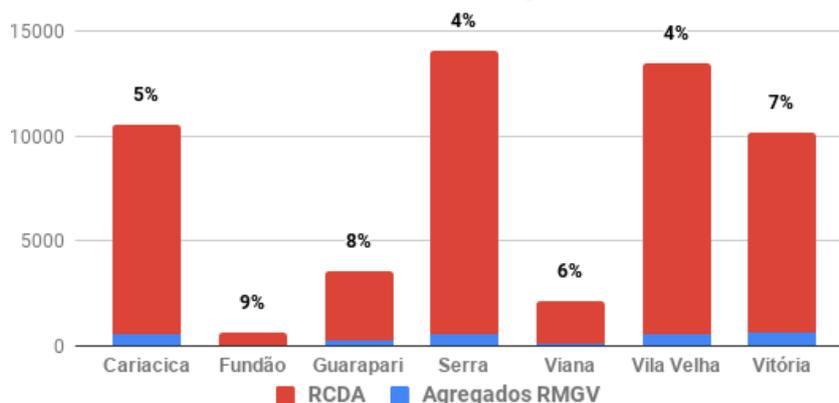
**Tabela 4 - Relação entre Agregados utilizados e coleta de RCD Classe A.**

Município	Agregados <sub>RMGV</sub> (m <sup>3</sup> /mês)	<i>RCDA</i> (m <sup>3</sup> /mês)	<i>Disp</i> (%)
Cariacica	533,26	10042,81	5%
Fundão	48,63	558,66	9%
Guarapari	269,06	3262,22	8%
Serra	571,05	13464,54	4%
Viana	124,71	2041,28	6%
Vila Velha	544,89	12897,14	4%
Vitória	627,43	9503,38	7%
Total	2.719,03	51770,03	5%

Fonte: Autoria própria.

Conforme a Tabela 4, pode-se observar que há disponibilidade de matéria-prima para a transformação em agregados reciclados que atendam às obras. Mostra ainda que, reciclando apenas 5% de todo o RCD coletado nos municípios da RMGV, é possível gerar agregado reciclado suficiente para abastecer mensalmente todas as obras públicas registradas no sistema GEO-OBRA. A relação se encontra abaixo de 10% para todos os municípios da região, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1 - Relação entre os agregados utilizados mensalmente em obras públicas e os RCD Classe A coletados nos municípios.**



Fonte: Autoria própria.

Para realizar a análise de viabilidade econômica, foi utilizada a média dos preços dos produtos naturais “AREIA PARA ATERRO”, “PÓ DE PEDRA” e “BRITA” (IOPES, 2019), que é de R\$ 60,33 por m<sup>3</sup>.

Para os agregados reciclados, foi levando em consideração o valor de venda desses produtos informado pela maior parte das usinas de reciclagem brasileiras, de acordo com a pesquisa setorial da ABRECON (2019), que é de 25 a 30 reais por m<sup>3</sup>. Para o estudo foi utilizado o valor de R\$ 30,00 por m<sup>3</sup>. A diferença de valor mensal da aquisição de agregados naturais em relação aos reciclados é mostrada na Tabela 5.

**Tabela 5 - Diferença de valores de aquisição de agregados naturais e reciclados.**

<b>Município</b>	<b>Agregados<sub>RMGV</sub> (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Dnr</b>
Cariacica	533,26	R\$ 16.173,78
Fundão	48,63	R\$ 1.474,95
Guarapari	269,06	R\$ 8.160,59
Serra	571,05	R\$ 17.319,95
Viana	124,71	R\$ 3.782,45
Vila Velha	544,89	R\$ 16.526,51
Vitória	627,43	R\$ 19.029,95
<b>Total</b>	<b>2.719,03</b>	<b>R\$ 82.468,18</b>

Fonte: Autoria própria.

O valor *Dnr* mostra o quanto seria economizado mensalmente, caso todos os agregados naturais, adquiridos nas obras públicas estudadas, fossem substituídos por reciclados.

## CONCLUSÕES

A metodologia aplicada nesta pesquisa mostrou-se viável para o estudo de caso de diversos municípios do Brasil, pois muitos utilizam a plataforma GEO-OBRAS como ferramenta de registro.

Em relação ao estudo dos agregados naturais utilizados em obras, foi possível observar que a geração e demanda de agregados aumenta conforme o número de habitantes do município. Além disso, pode-se afirmar que a demanda por agregados é muito menor que a coleta de resíduos passíveis de reciclagem e transformação em agregados reciclados.

A estimativa de coleta para a RMGV de resíduos Classe A, ou seja, aqueles passíveis de reciclagem, foi de 51.770,03 m<sup>3</sup> por mês. Enquanto a demanda mensal dos últimos dez anos desses mesmos municípios foi de 2.719,03 m<sup>3</sup> por mês.

Esses valores indicam que reciclando apenas 5% dos resíduos com potencial para transformação em agregados coletados nesses municípios, é possível suprir toda a demanda de obras públicas registradas no portal GEO-OBRAS.

Os agregados naturais utilizados nas obras possuem uma média de preços de R\$ 60,33 por m<sup>3</sup>. Já os agregados reciclados, possuem uma média de R\$ 30 por m<sup>3</sup>. Se todo o agregado natural considerado neste trabalho fosse substituído pelo reciclado, a economia em obras públicas da RMGV seria de R\$ 82.468,18 por mês.

Deve ser levado em consideração que a demanda por agregados naturais na RMGV se baseou somente em dados do portal GEO-OBRAS. Os dados foram obtidos através da previsão da empresa vencedora da licitação, o que pode ter variado de acordo com o andamento da obra.

A demanda de empresas privadas por esses agregados, que aumentaria em muito o valor obtido, foi desconsiderada. Além disso, a pesquisa utilizou apenas os dados de obras específicas, que representam os usos mais recomendados para os agregados reciclados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018. Disponível em: <https://abrelpe.org.br>. Acesso: 25 jan. 2022.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.004: Resíduos Sólidos:-. Classificação, Rio de Janeiro, 2004.
3. \_\_\_\_\_. NBR 15.112. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
4. \_\_\_\_\_. NBR 15.113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
5. \_\_\_\_\_. NBR 15.114. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
6. \_\_\_\_\_. NBR 15.115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
7. \_\_\_\_\_. NBR 15.116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. Pesquisa Setorial 2017/2018. Disponível em: <https://abrecon.org.br>. Acesso: 25 jan. 2022.
9. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
10. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). PIB. Brasil e Construção Civil. Belo Horizonte/MG, 2016. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento>. Acesso: 10 nov. 2018.
11. GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas. Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo. Tabela Custos Referenciais labor/ct-UFES padrão IOPEs. Março de 2019. Disponível em: <https://iopes.es.gov.br>. Acesso: 15 abr. 2019.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso: 14 mar. 2019.
13. OLIVEIRA, W.N.; ROCHA, V.P.; FERREIRA O.M. Mapeamento dos pontos de disposição de resíduos da construção civil e demolição em Goiania. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2013.
14. RAMOS, B. F. Indicadores de qualidade dos resíduos da construção civil do município de Vitória-ES. 2007. Dissertação – PPGEA/UFES, Vitória.
15. TCE-ES. TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Geo-Obras. Disponível em: <https://geobras.tce.es.gov.br>. Acesso: 5 out. 2018.