

## ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM O PRODUTO INTERNO BRUTO PARA OS MUNICÍPIOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

### **Marianne Silvestre Teixeira Almeida**

Engenheira Civil especialista em Inovações Tecnológicas da Construção Civil, mestranda em Sustentabilidade em Recursos Hídricos pela Universidade Vale do Rio Verde (UninCor), Três Corações, MG, Brasil  
prof.marianne.teixeira@unincor.edu.br

### **Marília Carvalho de Melo**

Doutora em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, Professora Permanente da Universidade Vale do Rio Verde (UninCor), no programa de Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Três Corações, MG, Brasil  
prof.marilia.melo@unincor.edu.br

### **Matheus Dumont Boareto**

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) Varginha, MG, Brasil  
matheusboareto18@gmail.com

### **Ramiro Machado Rezende**

Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras, Professor Permanente da Universidade Vale do Rio Verde (UninCor), no programa de Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Três Corações, MG, Brasil  
coord.agronomia@unincor.edu.br

### **RESUMO**

O provimento de informações bem como a gestão de resíduos da construção civil (RCC) ainda é um desafio no Brasil e em Minas Gerais. O presente artigo aborda o universo da construção civil e o volume de resíduos gerados proveniente de sua atividade, e identifica se existe correlação entre o Produto Interno Bruto (PIB) e a quantidade de resíduos provenientes da construção civil (RCC) em municípios de Minas Gerais, bem como avalia se essa correlação é influenciada pelo tamanho da população. Para atingir os objetivos são utilizados dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para informações sobre coleta de RCC e do PIB e população produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados levantados estão organizados em quatro grupos conforme população, e para os municípios que não informaram o volume de RCC foram desconsiderados da série histórica. Na sequência é avaliada a correlação entre a geração de resíduos e o produto interno bruto por meio de teste estatístico de correlação pela metodologia de Pearson. Os resultados demonstraram uma correlação fraca entre o PIB e a geração de RCC para municípios até 50 mil habitantes e

moderada para aqueles superiores a essa população. Quando considerados os valores médios por faixa populacional delimitada no presente estudo a correlação obtida foi muito forte.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos; Construção Civil; Destinação; Reciclagem.

**ANALYSIS OF THE CORRECTION OF THE SOLID WASTE VOLUME FROM CIVIL CONSTRUCTION  
WITH THE GROSS INTERNAL PRODUCT FOR MUNICIPALITIES IN THE STATE OF MINAS GERAIS**

**ABSTRACT**

Providing information as well as the management of the Construction & demolition waste (CDW) is still a challenge in Brazil and Minas Gerais. This article discusses the universe of construction sector and the volume of waste generated from its activity, and identifies whether there is a correlation between Gross Domestic Product (GDP) and the amount of construction waste (CDW) in municipalities of Minas Gerais, as well as assessing whether this correlation is influenced by population size. To achieve the objectives, data from the National Sanitation Information System (SNIS) are used for information of CDW and the GDP data and population used was produced by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The data collected are organized into four groups according to population, and for the municipalities that did not report the volume of CDW were disregarded from the historical series. Then, the correlation between waste generation and gross domestic product is evaluated by statistical correlation test using Pearson's methodology. The results showed a weak correlation between GDP and CDW generation for municipalities up to 50 thousand inhabitants and moderate for those above this population. When considering the average values by population delimited in the present study, the correlation obtained was very strong.

**Keywords:** Solid waste; Construction; Destination; Recycling.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor da indústria de alta capacidade de desenvolvimento da economia para um país dada a importância deste setor para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). A construção civil está diretamente relacionada ao crescimento econômico e desenvolvimento social, e tem uma atuação de destaque na indústria brasileira (FERNANDEZ, 2012). No ano de 2016, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a indústria da construção foi responsável diretamente por 5,1% do PIB.

Entretanto, segundo John (2000) a construção civil é uma atividade geradora de impactos ambientais consideráveis quando comparada a outros setores produtivos, sendo a principal consumidora de recursos naturais. Estima-se que no Brasil os resíduos da construção civil equivalem entre 50 a 70% do total de resíduos sólidos gerados (CARDOSO, *et. al.*, 2014). Observa-se ainda uma faixa muito ampla de geração per capita no Brasil o que pode indicar que falta um planejamento e gestão adequada desse tipo de resíduo, gerando, portanto, altos índices de desperdício (PINTO, *et. al.*, 2016). Cabral, *et. al.* (2014) apresenta o cenário da gestão de resíduos de construção civil em Minas Gerais e conclui que ainda é incipiente.

Este cenário corrobora a necessidade de identificar e desenvolver ações de gestão de resíduos no setor da construção civil, não apenas pela busca de uma alternativa sustentável de produção, mas também como forma de preservação e conservação do meio ambiente.

A legislação de resíduos sólidos preconiza a responsabilidade do gerador na disposição adequada dos resíduos sólidos, todavia observa-se que a falta de uma infraestrutura adequada nos municípios ainda é um desafio para a destinação final dos resíduos especialmente da construção civil (MENDES, 2013).

Assim, considerando a relação do setor de construção civil com o desenvolvimento econômico mensurado pelo PIB e que, conseqüentemente, a geração de riquezas nos municípios deveria favorecer a gestão adequada de resíduos, seja na origem até a destinação final, o presente trabalho objetiva identificar se existe correlação entre o PIB e a quantidade de resíduos da construção civil gerado nos municípios de Minas Gerais e se essa correlação é influenciada pelo tamanho da população.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

Ao longo das etapas de construção, reforma ou demolições são gerados resíduos, segundo estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em algumas cidades brasileiras, estimados em meia tonelada por habitante de resíduo de construção civil (RCC) anualmente (FERNANDEZ, 2012). Agregado a esse fato, segundo Fernandez (2012), as grandes construções, além de gerarem alto consumo de recurso natural, causam modificações da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos. Os RCCs são, em sua maior parte, resíduos de baixa periculosidade, sendo que o impacto principal é causado pelo grande volume gerado. A disposição irregular dos RCCs pode gerar problemas de ordem urbana, ambiental e de saúde pública.

No Brasil, até o ano de 2002, não existia políticas públicas voltadas para os resíduos provenientes da construção civil. Entretanto, com o aumento da consciência ambiental, a problemática da geração e manejo dos RCC começou a se tornar mais evidente para a sociedade (PASCHOALIN FILHO, 2014).

A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em agosto de 2010, trouxe importantes instrumentos para que municípios iniciassem o enfrentamento aos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. A lei estabelece que os estados e municípios têm até 2022 para elaborar e atualizar os planos de gestão de resíduos e determina também que a elaboração e a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) são obrigatórios às empresas de construção civil (BRASIL, 2010).

Em Minas Gerais, cabe referenciar as Leis Estaduais nº 14.128/2001 sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e a Lei nº 18.031/2009 sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos que dispõe sobre atividade de manejo e destinação de resíduos da construção civil e volumosos (MINAS GERAIS, 2009; MINAS GERAIS, 2011).

De acordo com o IBGE, o PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estados ou cidade em um ano. A medição é feita somente nos produtos e serviços finais para evitar dupla contagem dos mesmos. De maneira resumida, o PIB trata sobre o fluxo

de bens e serviços produzidos no país, não sobre sua riqueza acumulada. Ainda assim, este indicador trata sobre a economia do país.

Este trabalho foi desenvolvido baseado nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para informações sobre coleta de resíduos da construção civil nos municípios do estado de Minas Gerais.

Foi utilizado o agrupamento dinâmico de indicadores e informações por ano de referência. Para o levantamento dos dados utilizou-se como filtro:

- Ano: 2017
- Natureza jurídica: todos
- Região: Sudeste
- Estado: Minas Gerais
- Região metropolitana e municípios: todas
- Municípios: Todos

Para a obtenção de informações referente ao volume de RCC coletado nos municípios foram selecionadas as perguntas “Pela prefeitura municipal ou empresa contratada per ela”; “Por empresas especializadas (“caçambeiros”) ou autônomos contratados pelo gerador” e “Pelo próprio gerador”.

Os dados referentes ao Produto Interno Bruto dos municípios de Minas Gerais para o ano de 2016, último valor disponível pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi obtido no site do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Para obtenção dos dados, foi utilizado:

- Pesquisas: Economia, Sistemas de Contas Nacionais, Produto Interno Bruto dos Municípios – PIB – Munic.
- Variáveis: Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reias): <0 a 3> casas decimais.
- Ano: 2016
- Unidade Territorial: Município
- Início: Minas Gerais, opção: tudo.

A população estimada para o Estado de Minas Gerais no ano de 2016 por município foi obtida no site do IBGE, na opção estatística, população, estimativas da população, edições anos anteriores, estimativas 2016.

De posse dos dados, os mesmos foram divididos em quatro grupos por faixas de população. Para a análise dos dados, os mesmos foram organizados em ordem crescente para a variável referente ao RCC, e os municípios que não informaram o volume de RCC foram desconsiderados da série, a fim de evitar falsa interpretação como por exemplo a não geração de RCC.

Na sequência foi avaliada a correlação entre a geração de resíduos e o produto interno bruto por meio de teste estatístico de correlação pela metodologia de Pearson utilizando a ferramenta de análise de dados do Excel.

A interação entre duas variáveis pode ser medida por um coeficiente chamado coeficiente de correlação de Pearson. Segundo Moore (2007), este coeficiente trata sobre o grau e a direção da associação linear entre duas variáveis quantitativas (Equação 1).

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left( \frac{x_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{Y}}{S_y} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Em que,

$r$  = Coeficiente de correlação de Pearson;

$n$  = número de variáveis agrupadas;

$x_i$  = variável independente “i”;

$y_i$  = variável dependente “i”;

$S_x$  = Somatório das variáveis independentes;

$S_y$  = Somatório das variáveis dependentes;

$\bar{X}$  = Média entre as variáveis independentes;

$\bar{Y}$  = Média entre as variáveis dependentes.

É importante exaltar que este coeficiente trata de uma correlação linear, ou seja, supõe-se que quando a variável independente aumenta ou diminui, esta alteração é refletida na variável dependente proporcionalmente a um coeficiente angular. Desta maneira, mesmo que o valor do coeficiente não seja significativo, ainda assim pode haver algum tipo de relação entre as variáveis.

O coeficiente de correlação é um número adimensional que varia de -1 até 1, onde quanto mais próximo de 1 ou -1, maior o grau de relacionamento linear. O sinal do coeficiente retrata sobre o sinal do coeficiente angular da relação linear entre as variáveis (MOORE, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados disponibilizados pelo SNIS referente a geração de RCC para o ano de 2017 no Estado de Minas Gerais, dos 853 municípios do estado são relacionados 603 municípios mineiros, entretanto foram informados a geração de resíduos provenientes da construção civil para 452 municípios o que representam 53% dos municípios. A Tabela 1 apresenta a divisão dos grupos dos municípios e a existência de informações referente ao RCC por grupo para o SINIS.

**Tabela 1:** Número de municípios mineiros que informaram ao SINIS, por faixa populacional.

Grupo	nº de habitantes	nº de municípios		nº de municípios que informaram o volume de RCC (2017)	
		n	%	n	%
1	Até 5 mil	223	26	108	49
2	De 5 mil a 20 mil	443	52	259	58
3	De 20 mil a 50 mil	117	14	47	41
4	Acima de 50 mil	70	8	38	54
	<b>Total</b>	<b>853</b>	<b>100</b>	<b>452</b>	<b>53</b>

Fonte: Os autores – baseado em dados de SNIS.

Vale destacar que não há diferença significativa por faixa de população da existência de dados no SINIS.

A fim de avaliar se existe uma correlação entre o PIB dos municípios mineiros e a geração de RCC, realizou-se um teste de correlação de Pearson (r), conforme dados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Valores de geração de RCC, por diferentes faixas populacionais correlacionados ao PIB.

<i>Grupo</i>	<i>nº de habitantes</i>	<i>PIB Mínimo a preços correntes (Mil Reais) 2016</i>	<i>PIB Médio a preços correntes (Mil Reais) 2016</i>	<i>PIB Máximo a preços correntes (Mil Reais) 2016</i>	<i>RCC Médio (Ton/ano)</i>
1	Até 5 mil habitantes	20.409,00	57.503,18	547.530,00	336,28
2	De 5 a 20 mil habitantes	38.615,00	181.206,89	1.915.882,00	1.097,52
3	De 20 a 50 mil habitantes	149.992,00	609.307,23	2.974.886,00	5.860,32
4	Acima de 50 mil habitantes	478.984,00	7.415.746,66	88.277.463,00	55.236,79

Fonte: Os autores – baseado em dados de SNIS e IBGE.

O método de correlação de Person mede a intensidade e a direção da associação do tipo linear, desde que as duas variáveis sejam quantitativas, conforme o presente estudo. Desta forma o valor de r obtido indica a intensidade da correlação entre as variáveis em estudo. As faixas de classificação das correlações são apresentadas na Tabela 3, conforme estabelecido em Colvero (2017).

**Tabela 3:** Classificação de dados em função do coeficiente de correlação de Pearson.

<i>Coeficiente de correlação de Person (r)</i>	<i>Classificação da correlação</i>
$R < 25\%$	Correlação fraca
$25\% \leq r \leq 50\%$	Correlação moderada
$50\% \leq r \leq 75\%$	Correlação forte
$r \geq 75\%$	Correlação muito forte

Fonte: Adaptado de Colvero, 2017.

Ao aplicar o teste de correlação de Pearson para os grupos de estudo, conforme Tabela 4, observa-se que no Grupo 1 e 3 o declive da reta é negativo e que a correlações existente entre as duas variáveis em estudo é fraca. Sendo assim para esses dois grupos, não há uma relação entre a geração de RCC e o PIB do município. Para o Grupo 3, o declive da reta é positiva, entretanto a correlação entre as variáveis permanece fraca. Já o Grupo 4, apresenta o declive da reta positiva, e a o teste mostra uma correlação moderada, ou seja, há uma relação entre a geração de RCC com o PIB dos municípios.



**Tabela 4:** Coeficiente de Person e a correlação entre a geração de RCC relacionado ao PIB do município.

<i>Grupo</i>	<i>nº de habitantes</i>	<i>Tamanho da amostra</i>	<i>Correlação de Pearson (r)</i>	<i>Resultado</i>
1	Até 5 mil	108	-0,0015	O declive da reta é negativo, correlação fraca.
2	De 5 mil a 20 mil	259	0,2299	O declive da reta é positivo, correlação fraca.
3	De 20 mil a 50 mil	47	-0,0278	O declive da reta é negativo, correlação fraca.
4	Acima de 50 mil	38	0,4312	O declive da reta é positivo, correlação moderada.

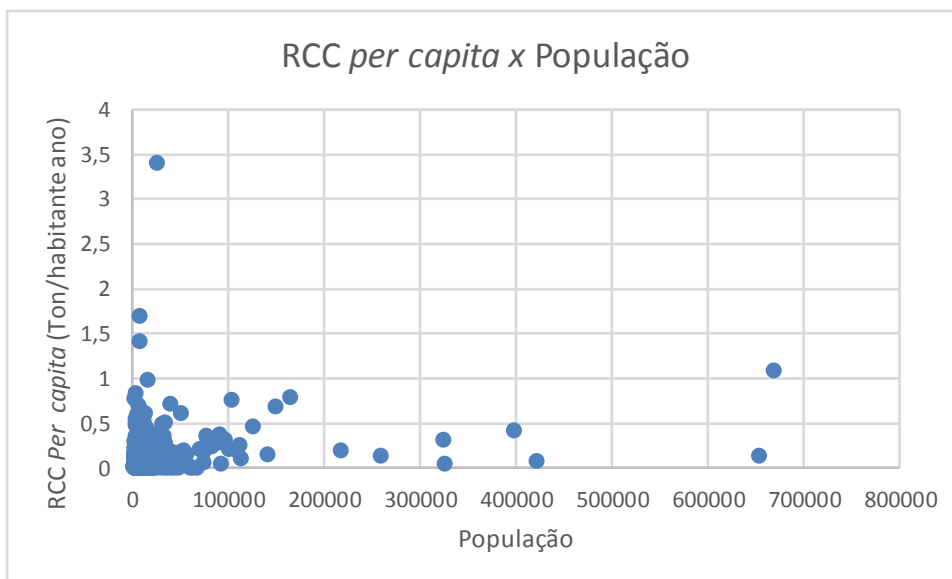
Fonte: Os autores

O resultado apresentado pela avaliação da correlação por grupos de faixa populacionais indicou que em municípios de menor porte, ou seja, até 50 mil habitantes, a correlação entre o PIB e quantidade de gestão de resíduos é baixa. Já para o Grupo delimitado acima de 50 mil habitantes foi identificada uma correlação moderada. Este fato pode ser explicado pelo fato que municípios de maior porte tendem a ser mais urbanizados e assim, a geração de bens e serviços da cidade pode ter maior correlação com o setor da construção civil, neste trabalho representado pela quantidade de RCC gerado.

Para os valores médios do PIB dos municípios conforme divisão dos grupos e os valores médios referente a geração de RCC para o ano de 2017 (Tabela 1), o valor do coeficiente de correlação,  $r$ , é igual a 0,9996 apontando uma correspondência muito forte, ou seja, para os dados médios dos grupos existe uma correspondência entre a geração de RCC e o valor do PIB do município.

O segundo resultado demonstra que, considerando os valores médios dos parâmetros analisados por faixas, a relação entre o PIB e a geração de RCC é alta. Este resultado indica ainda que há uma influência no tamanho da população com a geração de resíduos corroborando estudo anteriores, entretanto essa proporção não cresce de maneira uniforme por faixa populacional (Figura 1).

Figura 1: RCC Per capita e população



\*O município de Belo Horizonte, cujo valor per capita anual é de 0,0054 T/habitante ano) foi excluído do gráfico para melhor escala de apresentação

O município que apresentou maior produção per capita foi São João Nepomuceno com uma população de 26.439 habitantes e aquele que obteve menor valor foi Senador Cortes com 2.048 habitantes.

#### 4 CONCLUSÕES

As ações de sustentabilidade podem favorecer o desenvolvimento do município quando alinhada às políticas públicas no âmbito da gestão dos resíduos sólidos.

Quando observado a situação dos municípios mineiros referentes à gestão e manejo dos RCCs para anos de 2017 percebe-se que existe uma correlação muito forte entre o PIB do município e o volume de RCC gerado.

O presente estudo demonstrou para o estado de Minas Gerais uma correlação fraca entre geração de resíduos de construção civil e o PIB para municípios de até 50.000 habitantes. Para municípios maiores que 50 mil a correlação obtida foi moderada. Este resultado pode estar relacionado ao maior índice de urbanização para os municípios com maiores populações e, portanto, explica-se a correlação entre PIB e a geração de RCC, ou seja, entre o PIB e o setor de engenharia civil.

Quando observada a situação dos municípios mineiros referentes à gestão e manejo dos RCCs para anos de 2017, considerando os valores médios por faixa populacional, percebe-se que existe uma correlação muito forte entre o PIB do município e o volume de RCC gerado.

Outro destaque é a ainda a pequena quantidade de dados declarados pelos municípios em relação da geração de RCC no SNIS, apenas 53% declararam. Por outro lado, destaca-se que esse percentual não varia significativamente por faixa populacional.

O aprimoramento da gestão dos Resíduos de Construção Civil nos municípios do Estado de Minas Gerais ainda é um desafio, visto o baixo índice de declaração de informações, demonstrando o controle ainda incipiente da geração deste tipo de resíduo. Reforça-se que as ações de sustentabilidade podem favorecer o desenvolvimento do município quando alinhada às políticas públicas no âmbito da gestão dos resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Arthur Bernardes et al. III-141- Análise da destinação final em áreas receptoras de resíduos da construção civil e volumosos no estado de minas gerais. Disponível em < file:///C:/Users/Usuario/Downloads/III-024.pdf> Acesso em: 10 nov. 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 3 ago. 2010.

CARDOSO, Afrodite da Conceição Fabiana; GALATTO, Sergio Luis; GUADAGNIN, Mario Ricardo. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 31, p. 1-10, 2014. Disponível em < [http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03\\_Materia\\_1\\_artigos386.pdf](http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/31-03_Materia_1_artigos386.pdf)> Acesso em: 10 nov. 2019.

COLVERO, Diogo Appel et al. Avaliação da geração de resíduos sólidos urbanos no estado de Goiás, Brasil: análise estatística de dados. **Revista Engenharia Sanitária E Ambiental-RESA**, v. 22, n. 51, p. 931-941, 2017.

FERNANDES, Maria da Paz Medeiros; SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente construído: revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, RS. vol. 17, n. 2 (abr./jun. 2017), p. 21-38**, 2017. Disponível em < file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1678-8621-ac-17-02-0021.pdf>

FERNANDEZ, J. A. B.; Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Relatório de Pesquisa. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**. Brasília, 2012.

JOHN, Vanderley M.; AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. **Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos**, 2000. Disponível em <[https://www.researchgate.net/profile/V\\_Agopyan/publication/228600228\\_Reciclagem\\_de\\_residuos\\_da\\_construcao/links/0046352af919c1984c000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/V_Agopyan/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao/links/0046352af919c1984c000000.pdf)>

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Produto Interno Bruto de 2018**. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela>>

MENDES, Claudiceia Silva. Desafios para a implementação de políticas públicas para o gerenciamento dos resíduos da construção civil. **VI Jornada Internacional de Políticas Públicas**. Universidade Federal do Maranhão, 2013.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 14.128, de 19 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e sobre os instrumentos econômicos e financeiros aplicáveis a Gestão de Resíduos Sólidos. **Diário do Executivo, Minas Gerais**, 20/12/2011.

\_\_\_\_\_. Lei Estadual nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário do Executivo, Minas Gerais**, 13/01/2009.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre; DIAS, Antonio Jose Guerner; CORTES, Pedro Luis. Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, 2014. Disponível em < <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/32851/22443>>

PINTO, Gilberto Júnior Ferreira et al. Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil—Métodos de Cálculo. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande/PB**. 2016.

---

Recebido em 25/11/2019.

Aceito em 10/12/2019.