

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CRYSTOFER HENRIQUE DOS SANTOS

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, CONSUMO  
DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA NO CANTEIRO DE OBRAS:  
UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

CAMPO MOURÃO

2021

CRYSTOFER HENRIQUE DOS SANTOS

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, CONSUMO  
DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA NO CANTEIRO DE OBRAS:  
UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Medeiros Corneli

CAMPO MOURÃO

2021



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

### ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA NO CANTEIRO DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR

por

**Crystofer Henrique dos Santos**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h30min do dia 05 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de  
Oliveira**  
( UTFPR )

**Profª. Drª. Paula Cristina de Souza**  
( UTFPR )

**Profª. Drª. Vanessa Medeiros Corneli**  
(UTFPR)  
**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus amigos de longa data Thiago Macedo da Silva, Lucas Machado Gonçalves e Paulo Henrique de Freitas que foram como uma família e que nossa amizade perpetue por muitos anos.

## RESUMO

O setor de construção civil apresenta nos últimos anos avanços tecnológicos, porém os aspectos ambientais associados à atividade da construção civil também têm destaque, pela considerável quantidade de recursos ambientais utilizados, bem como pela quantidade de resíduos sólidos gerados. Estudos que tragam dados referentes ao desempenho ambiental de empreendimentos tendem a corroborar para que cada vez melhores práticas de gestão ambiental sejam adotadas. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a geração de resíduos sólidos, o consumo de água e energia elétrica em uma obra residencial comercial, em fase de infraestrutura e supraestrutura, na cidade de Campo Mourão, Paraná. Para o levantamento e análise dos dados foram utilizados registros de destinação de resíduos da construção civil (RCC) e faturas de consumo de água e energia elétrica das concessionárias, ambos disponibilizados pela construtora responsável pela obra. Verificou-se que, no período analisado, de 2017 a 2020, foram gerados 238,6 m<sup>3</sup> de RCC, o que corresponde a aproximadamente 0,063 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído. Quando analisado especificamente o quantitativo de RCC Classe A (entulho), o indicador de geração é de aproximadamente 0,037 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído. O consumo total de água foi de 497 m<sup>3</sup>, o que corresponde a aproximadamente 0,131 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído, e o consumo total de energia elétrica foi de 9561 kWh, em torno de 2,52 kWh por m<sup>2</sup> construído.

**Palavras-chave:** Resíduos, Construção, Recursos Ambientais.

## ABSTRACT

The civil construction sector has shown technological advances in recent years, but the environmental aspects associated with the activity of civil construction are also highlighted, due to the considerable amount of environmental resources used, as well as the amount of solid waste generated. Studies that bring data referring to the environmental performance of projects tend to corroborate so that better environmental management practices are adopted. In this context, the present study aimed to analyze the generation of solid waste, the consumption of water and electricity in a commercial residential project, in the infrastructure and suprastructure phase, in the city of Campo Mourão, Paraná. Records of destination of construction waste (RCC) and invoices for water and electricity consumption from the concessionaires were used to collect and analyze the data, both made available by the construction company responsible for the work. It was found that, in the period analyzed, from 2017 to 2020, 238.6 m<sup>3</sup> of RCC were generated, which corresponds to approximately 0.063 m<sup>3</sup> per constructed m<sup>2</sup>. When specifically analyzing the quantity of RCC Class A, the generation indicator is approximately 0.037 m<sup>3</sup> per constructed m<sup>2</sup>. The total water consumption was 497 m<sup>3</sup>, which corresponds to approximately 0.131 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> built, and the total electricity consumption was 9561 kWh, around 2.52 kWh per m<sup>2</sup> built.

**Keywords:** Construction, Waste, Environmental Resources.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Geração de Resíduos de Classe A e B ocorridos ao longo dos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 provenientes da obra.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2. Consumo de água em metros cúbicos nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 provenientes da obra.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 3. Consumo de energia elétrica em quilowatt nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 utilizados na obra.....</b>	<b>26</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1. Geração de resíduos durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.....</b>	<b>23</b>
<b>Quadro 2. Consumo de água durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.....</b>	<b>25</b>
<b>Quadro 3. Consumo de energia elétrica durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.....</b>	<b>26</b>



## LISTA DE SIGLAS

<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto.
<b>RCC</b>	Resíduos da Construção Civil.
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
<b>ABRECON</b>	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro quadrado.
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico.
<b>kWh</b>	Quilowatt hora
<b>EPS</b>	Poliestireno Expansível.
<b>PGRCC</b>	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Impactos da construção civil no meio ambiente .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Resíduos da construção civil .....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Geração e gestão dos resíduos da construção civil .....</b>	<b>18</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 A Obra .....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Quantificação da geração de resíduos .....</b>	<b>19</b>
<b>5.3 Quantificação do consumo de água e de energia elétrica na obra .....</b>	<b>20</b>
<b>5.4 Definição de indicadores de desempenho ambiental .....</b>	<b>20</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>21</b>
<b>6.1 Geração de resíduos da construção civil .....</b>	<b>21</b>
<b>6.2 Consumo de água .....</b>	<b>24</b>
<b>6.3 Consumo de energia elétrica .....</b>	<b>25</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é de suma importância no Brasil, gera mais de 10 milhões de empregos diretos, indiretos e informais, movimenta 9,9% do Produto Interno Bruto (PIB) (G1, 2018).

Apesar de ser imprescindível para o país e sua economia, este setor é responsável por impactos ambientais oriundos de suas atividades. De acordo com Oliveira (2015), o setor da construção civil tem grande influência sobre a degradação ambiental, pelo grande consumo de recursos naturais e energia, além de ser um grande emissor de poluentes (OLIVEIRA, 2015). A indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% de toda matéria prima produzida no globo (AGOPYAN, 2013).

O modelo de construção civil praticado no Brasil gera impactos ambientais, desde a aquisição de materiais por meio da retirada de matéria-prima natural e a fabricação de produtos, levando ao esgotamento de jazidas até o fim da vida útil dos produtos construídos com a geração de resíduos, a emissão de gases poluentes e gasto de energia, seja durante a extração, fabricação ou transporte do recurso; e contaminação de águas por lavagem da matéria prima extraída ou por processos industriais, consumo de água e energia, entre outros insumos (VALPORTO & AZEVEDO, 2016).

Os padrões de produção e consumo de energia na construção civil mesmo utilizando de técnicas e equipamentos aprimorados, impactam o meio ambiente, gerando poluição, modificação de ecossistemas e emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera – a matriz brasileira, inclusive, apesar de hoje ostentar forte base hidráulica e de biomassa (MOURA & MOTTA, 2013). Segundo dados da Eletrobrás, as edificações são responsáveis por 50% do consumo da matriz energética nacional (BRASIL, 2020).

Na construção civil têm-se grande demanda por água, sendo aplicada diretamente em materiais e processos como produção de concreto, supressão de poeira e corte, e indiretamente com a água incorporada nos produtos usados na construção (MARQUES, GOMES, & BRANDLII, 2017). Mundialmente reconhecida à escassez de recursos hídricos, o Brasil ocupa posição privilegiada possuindo 12% dos 3% de toda água doce disponível no planeta (PENA, 2016).

Estudos demonstram que a construção civil é responsável por consumir 21% de toda a água tratada do planeta, sendo 13,6% deste percentual destinado a edificações (GREEN, 2019).

A geração de resíduos sólidos é outro aspecto ambiental da construção civil. De acordo com dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2019, a quantidade per capita de resíduos de construção civil (RCC) coletada, comparando-se os anos de 2010 e 2019, cresceu aproximadamente 35%, ou seja, de 0,478 kg/hab/dia para 0,586 kg/hab/dia (ABRELPE, 2020).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a geração de resíduos sólidos, o consumo de água e energia elétrica em uma obra residencial-comercial, na cidade de Campo Mourão, Paraná.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a geração de resíduos sólidos, consumo de água e energia elétrica em uma obra residencial-comercial na cidade de Campo Mourão-Paraná.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a obra e a fase construtiva;
- Quantificar e analisar a geração de RCC, o consumo de água e energia elétrica;
- Estabelecer indicadores de geração de RCC, consumo de água e energia elétrica.

### 3 JUSTIFICATIVA

A construção civil é um setor que continua em crescimento, principalmente no quesito das tecnologias. Todavia, são utilizados muitos recursos naturais para cada etapa de uma nova edificação ou reforma.

A escassez dos recursos naturais é uma temática recorrente entre a população mundial. Como evidência da situação tem-se a questão da disponibilidade de água doce, onde a crise hídrica assola diversos países. Desse modo, cobra-se grande mobilização por parte da sociedade e das indústrias para realizar uma melhor gestão desses recursos (PEREIRA, 2018). O Relatório Mundial das Nações Unidas de 2015, alerta para a crescente pressão pelos recursos hídricos, que provavelmente levará a mais disputas entre os setores da economia, bem como entre as regiões e nações (ONU, 2015).

A resolução Conama 307/2002 prevê que os geradores de RCC devem elaborar e implantar Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Como conteúdo mínimo desses planos está à caracterização dos resíduos, critérios para triagem e acondicionamento no canteiro de obras e formas de transporte e destinação final (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002). Em um PGRCC, na fase de caracterização dos resíduos é necessário apresentar dados referentes aos tipos de resíduos que serão gerados, bem como quantidades. Estudos que tenham como objetivo o levantamento desse tipo de indicador se faz necessário para fundamentar as estimativas apresentadas para as obras.

De maneira geral, estudos que tragam dados referentes ao desempenho ambiental de empreendimentos e atividades, em termos de geração de resíduos sólidos, consumo de água e energia elétrica, por exemplo, tendem a corroborar para que cada vez mais boas práticas de gestão ambiental sejam adotadas.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Impactos da construção civil no meio ambiente

Impacto ambiental, segundo a Resolução nº 001 do CONAMA é definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, afetem direta ou indiretamente: a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 001, 1986).

De acordo com Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - (PNUD, 2012), o setor da construção civil é responsável pelo consumo de cerca de 40% dos recursos naturais e da energia produzida, 12% da água, 55% de madeira não certificada, além de responder pela produção de 40% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

A geração de resíduos sólidos é um aspecto significativo da construção civil. Segundo Pinto (1999) alguns impactos, associados ao gerenciamento inadequado dos RCC, são visíveis e comprometem a qualidade do ambiente e da paisagem local, como é o caso de prejuízos às condições de pedestres e veículos. Impactos em relação à drenagem urbana são mais extensos, ocorrendo desde a drenagem superficial, até a obstrução de córregos (um dos componentes mais importantes do sistema de drenagem). A presença de RCC e outros resíduos cria um ambiente propício para a proliferação de vetores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana (PINTO, 1999).

Na construção civil, a água representa um dos componentes mais importantes. Por exemplo, na produção de concretos e argamassas, e é imprescindível na umidificação do solo e na compactação de aterros. É utilizada também como ferramenta nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura do concreto (NETO, 2008).

Devido a gama de aplicações a água tornou-se um recurso indispensável, de modo que a sua utilização de modo incorreto ou imprudente requer revisões e tomadas de decisões no sentido de conter qualquer desperdício. Somados ao setor de construção civil têm-se o crescimento populacional, a industrialização, a expansão da agricultura, as mudanças climáticas, além de diversos outros

ramos que são inerentes ao desenvolvimento do país, porém de maneira constante e inevitável contribuem para o processo de degradação e escassez dos recursos hídricos (LANNA, 2015).

Logo, a crise hídrica lança mão da utilização de fontes alternativas, a boa gestão da água é recomendada para nortear toda cadeia produtiva do setor de construção. Especialistas apontam que o caminho está na redução do consumo de água potável, sem prejuízo do desempenho, na gestão da demanda, na redução do desperdício e das perdas e em minimizar a geração de efluentes. Além de investimentos em desenvolvimento tecnológico e na busca de soluções para aumentar a disponibilidade hídrica, como, por exemplo, a utilização da água de reuso. Viabilizar edificações em que o usuário possa ter uma prática econômica do consumo, empregar materiais e sistemas construtivos mais sustentáveis, adotar medidas de consumo consciente nos canteiros de obras e utilizar fontes alternativas de água, são algumas das boas práticas que garantem que a água seja utilizada de forma adequada pela construção civil (MOURA, 2015).

#### **4.2 Resíduos da construção civil**

São considerados resíduos da construção civil de acordo com a Resolução CONAMA Nº 307 de 2002, aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, dentre os quais os exemplos mais comuns são tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

A classificação, características e formas de destinação dos resíduos da construção civil são descritos na Resolução Conama 307/2002 e atualizações. Os RCC são classificados e devem ser destinados da seguinte maneira:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;



- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002);

Os resíduos Classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de preservação de material para usos futuros (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 448, 2012).

Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como, plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

Os resíduos Classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002);

Os resíduos Classe C deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como, tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

Os resíduos Classe D deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 448, 2012).

### **4.3 Geração e gestão dos resíduos da construção civil**

Segundo pesquisa realizada pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), no ano de 2015 existia no Brasil 300 usinas de reciclagem de entulho. Em 2018 esse número passou para 360, crescimento de 20% mesmo diante da diminuição da atividade da construção no período da crise econômica (ABRECON, 2018).

Quanto às causas da geração de resíduos da construção civil, alguns fatores se destacam como: a falta de qualidade de bens e serviços, a urbanização desordenada, estruturas de concreto mal executadas, desastres naturais e provocados pelo homem (LEITE, 2001).

De acordo com Dagnino (2018) a realidade da reciclagem na construção civil ainda é desafiadora, diariamente são geradas no país 290,5 mil toneladas de resíduos de construção e demolição, sendo apenas 0,6% reaproveitado desse total.

De acordo com Sienge (2019), para uma gestão eficaz dos resíduos deve-se logo no início da obra apresentar um Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) do empreendimento para o órgão fiscalizador. A fiscalização será responsável ao término da obra, pelo comparativo das quantidades geradas de resíduos com a quantidade considerada base pela empresa coletora (SIENGE, 2019).

No canteiro de obras deve ser criado um processo de segregação e o local para descarte conforme cada classe de resíduos definidos e identificados. Àqueles classificados como entulho, devem ser conduzidos a uma área de descarte e tratamento de resíduos da construção, devidamente licenciada e fiscalizada pelos órgãos ambientais competentes (BRASIL, Resolução CONAMA Nº 307, 2002).

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 A Obra**

A construção utilizada como referência para a realização deste trabalho está localizada na cidade de Campo Mourão, Paraná. Trata-se de um edifício de sete pavimentos, de 3799,44 m<sup>2</sup>. Teve início em outubro de 2017 e término previsto para outubro de 2021. Porém devido as implicações decorrentes da pandemia COVID-19, a entrega foi adiada. Nesta obra, trabalham um total de 10 pessoas no canteiro. A etapa de fundação se deu de outubro de 2017 a março de 2018, e atualmente, encontra-se na fase de supraestrutura. O método construtivo utilizado é concreto armado com vedação em blocos cerâmicos. A área total construída é de 3.799,44m<sup>2</sup>.

A alvenaria de vedação foi realizada com blocos cerâmicos 6 furos com argamassa de assentamento, sem função estrutural. Para sua execução, realiza-se a marcação da primeira fiada, que determinará o esquadro e as dimensões corretas dos ambientes.

### **5.2 Quantificação da geração de resíduos**

Para a quantificação dos entulhos, resíduos classe A, levou-se em consideração o número de caçambas e o respectivo volume, a partir dos controles de registros de destinação da construtora.

Para a quantificação dos resíduos de madeira, classe B, foi considerado o respectivo volume, a partir de informações obtidas com o responsável da obra no canteiro. Os poliestirenos Expansível (EPS) foram quantificados considerando a quantidade de bags, cujo volume é de aproximadamente 1,08m<sup>3</sup>, que foram destinados ao fornecedor (logística reversa). O papel, papelão, plástico e ferros não serão considerados nesse trabalho

O período de levantamento de dados referente à geração de resíduos da construção civil foi de outubro de 2017 a dezembro de 2020.

### 5.3 Quantificação do consumo de água e de energia elétrica na obra

Para a quantificação do consumo de água, assim como de energia elétrica, foram consultadas e analisadas as faturas mensais emitidas pelas concessionárias. Sendo o consumo de água expresso em m<sup>3</sup> e o de energia elétrica em kWh.

O período de levantamento de dados referente ao consumo de água foi de outubro de 2017 a dezembro de 2020, e o de energia elétrica de dezembro de 2017 a dezembro de 2020.

### 5.4 Definição de indicadores de desempenho ambiental

Os indicadores de desempenho ambiental foram definidos tendo como referência o Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC), instituído pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), de 14 de junho de 2018. Sendo então estabelecido relação entre geração total de RCC (m<sup>3</sup>), consumo total de água (m<sup>3</sup>) e consumo total de energia elétrica (kWh) pela área total construída (em m<sup>2</sup>), no período analisado, conforme equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$\text{Indicador da geração de resíduos} = \frac{\text{Volume de resíduos sólidos (m}^3\text{)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Indicador do consumo de água} = \frac{\text{Volume de água consumido (m}^3\text{)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

$$\text{Indicador do consumo de energia elétrica} = \frac{\text{Energia consumida (m}^3\text{)}}{\text{Área construída (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

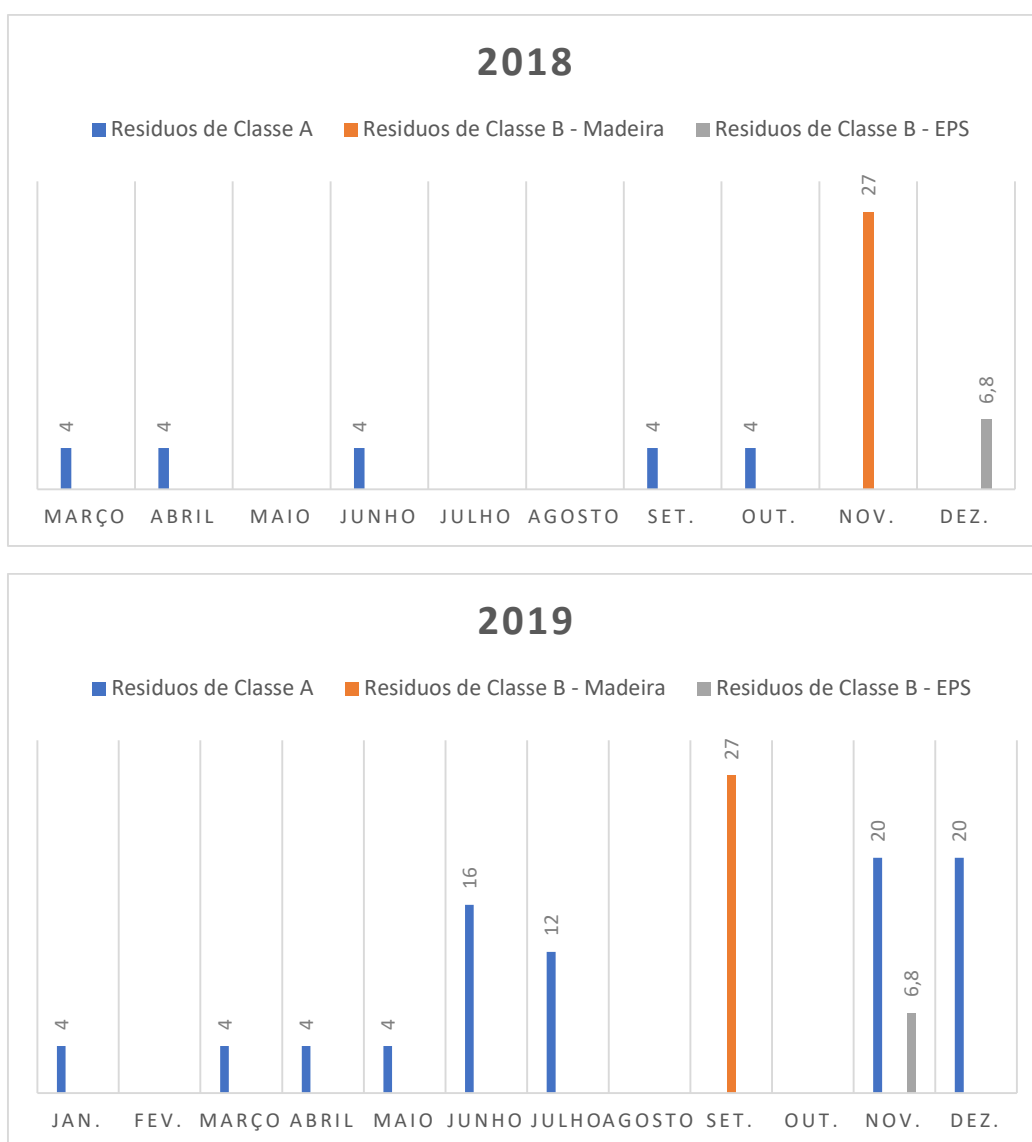
Fonte: (PBQP-H, 2018)

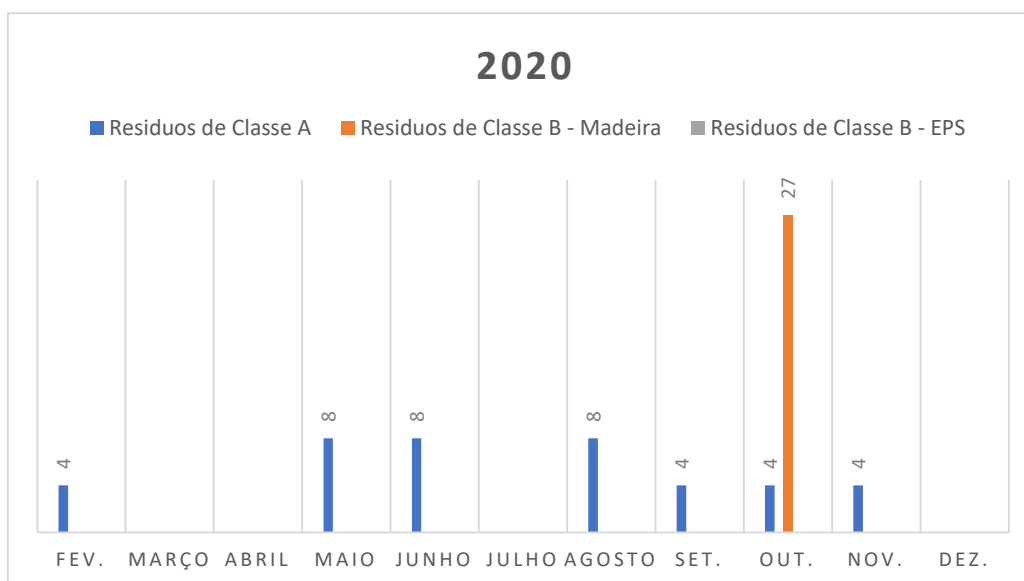
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Geração de resíduos da construção civil

A quantificação dos resíduos da construção civil (RCC), de acordo com suas respectivas classificações, é apresentada na figura 1, onde é indicado o mês em que ocorreu a destinação e o respectivo volume (m<sup>3</sup>).

**Figura 1. Geração de Resíduos de Classe A e B ocorridos ao longo dos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 provenientes da obra.**





**Fonte: Autoria própria (2021).**

No ano de 2017 não houve registro de destinação de resíduos da construção.

Observa-se que, no ano de 2018, foram gerados resíduos das classes A e B. Os resíduos de classe A, entulhos, provenientes dos blocos cerâmicos e/ou concretos, são retirados e destinados com mais frequência. No ano de 2018 foram gerados 20 m<sup>3</sup> de RCC classe A, em média 1,67 m<sup>3</sup>/mês. Os resíduos de classe B (madeiras, provenientes das caixarias), foram retirados somente no mês de outubro, quando apresentou um volume de 27m<sup>3</sup>. E o EPS, apresentou um volume de 6,8 m<sup>3</sup>, sendo registrado em dezembro.

Em 2019, observa-se um aumento de destinação de resíduos de classe A, nos meses de junho e julho, passando de 4m<sup>3</sup> para uma média de 14 m<sup>3</sup>, sendo este aumento associado a implementação de um estudo de caso, cujo o objetivo foi a avaliação dos impactos da aplicação de um programa 5S dentro da área de construção, desenvolvido por Gonçalves et. al (2021).

Nos meses de novembro e dezembro do ano de 2019, observa-se uma média de 20 m<sup>3</sup>/mês de descarte de resíduo classe A, fato este justificado à necessidade de adequação na estrutura para elevador. Para tal adequação foi necessário a ampliação dos vãos nas lajes concretadas, visando atender a NR 18 (BRASIL, Secretaria de Trabalho, 2015).

Portanto, no ano de 2019, foram gerados 84 m<sup>3</sup> de RCC classe A, representados por uma média de 7 m<sup>3</sup>/mês. Os resíduos de classe B (madeiras, provenientes das caixarias), foram retirados no mês de setembro, quando apresentou um volume de 27m<sup>3</sup>. E o EPS, apresentou um volume de 6,8 m<sup>3</sup>, registrado em novembro.

No ano de 2020 a quantidade de resíduos classe A manteve uma média de 4m<sup>3</sup>/mês. O descarte de resíduos de classe B (madeira) manteve o volume de 27 m<sup>3</sup>/ano e não houve registros de retiradas de EPS.

A geração total de RCC no período analisado foi de 238,6 m<sup>3</sup>, o que corresponde a aproximadamente 0,063 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído, de acordo com a equação 1. Quando analisado o quantitativo de RCC que tem como forma de destinação a disposição final em aterro de resíduo Classe A, o indicador de geração é de aproximadamente 0,037 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído.

Em estudo realizado por Povodenhak (2019), para uma obra de 7 pavimentos, com área total construída de 2.855,97m<sup>2</sup> (Obra A), obteve-se o índice de geração de RCC classe A de 0,03886 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> construído.

Do volume total tem-se que, 144 m<sup>3</sup> são classificados como resíduo de classe A (entulho), e 94,6 m<sup>3</sup> corresponde a resíduos de classe B (81 m<sup>3</sup> de madeira e 13,6 m<sup>3</sup> de EPS). Logo, os resíduos de classe A representam 60,35% dos RCC e a classe B 39,65% (Quadro 1). Os RCC da classe B são reutilizados e/ou destinados para logística reversa.

**Quadro 1: Geração de resíduos durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.**

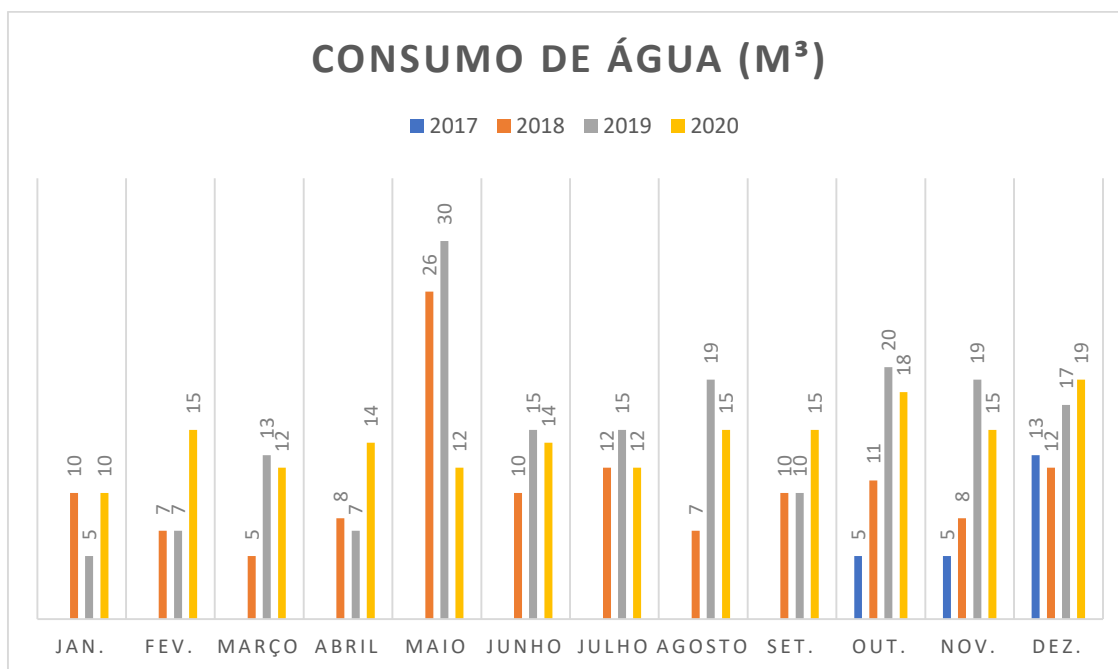
Resíduos	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Índice de RCC (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Resíduos Classe A	144	0,038
Resíduos Classe B (madeira)	81	0,021
Resíduos Classe B (EPS)	13,6	0,004
Volume Total de RCC	<b>238,6</b>	<b>0,063</b>

Fonte: Autoria própria (2021).

## 6.2 Consumo de água

Na sequência são apresentados os resultados referentes ao consumo de água. As imagens gráficas obtidas do tratamento dos dados são relacionadas às etapas de infraestrutura, supraestrutura e vedação da construção (Figura 2).

**Figura 2. Consumo de água em metros cúbicos nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 provenientes da obra.**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

O consumo de água na fase inicial da obra, ocorrido em 2017, mantém-se mínimo ( $5\text{m}^3$ ), seguido de aumento significativo no mês de dezembro/2017 ( $13\text{m}^3$ ), que corresponde ao início do trabalho de infraestrutura, com a presença de funcionários no canteiro. Têm-se ainda que, em março de 2018 a fase de infraestrutura da obra é encerrada. Logo, a próxima fase identificada é a de supraestrutura e vedação, fase esta que demanda maior consumo de água, justificando o consumo médio mensal de 2018 com valor de  $10,5\text{ m}^3$ .

Em 2019 a média mensal de consumo de água foi de  $14,75\text{ m}^3$ , e em 2020 de  $14,25\text{ m}^3$ , também característicos da fase de desenvolvimento da obra.

Um fato esporádico e coincidente consiste que no mês de maio dos anos de 2018 e 2019, foi registrado um aumento significativo do volume de água consumido ( $26\text{ m}^3$  e  $30\text{ m}^3$  respectivamente), segundo o responsável técnico da



obra, ocasionados devido a problemas hidráulicos. Todavia, foram identificados e tratados, permitindo que o consumo voltasse aos valores médios já reportados.

Em análise geral, tem-se que o consumo médio mensal corresponde a 12,7 m<sup>3</sup>. O consumo total no período analisado foi de 497m<sup>3</sup>, o que implica num índice de consumo de água (Equação 2) de aproximadamente 0,131 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> construído (Quadro 2).

**Quadro 2: Consumo de água durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.**

Área total construída (m <sup>2</sup> )	3799,44
Consumo Total de água (m <sup>3</sup> )	497
Índice de consumo de água (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,131

Fonte: Autoria própria (2021).

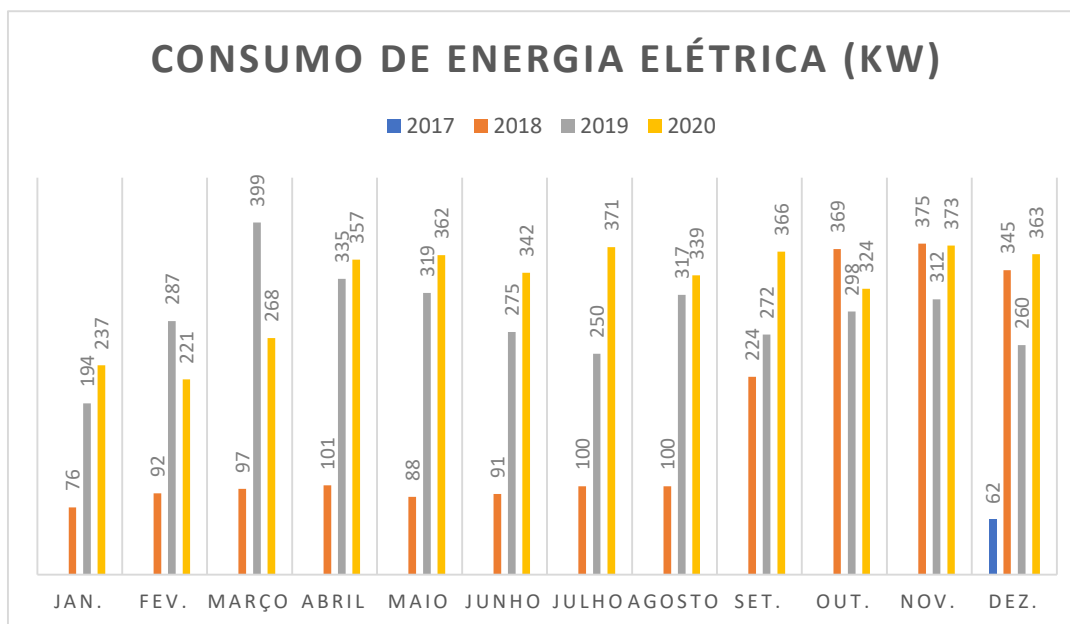
Povodenhak (2019) para a obra A (7 pavimentos, área total construída 2.855,97m<sup>2</sup>) obteve indicador de 0,1845 m<sup>3</sup> de água consumida por m<sup>2</sup> construído.

### 6.3 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica em quilowatts (kWh) tem como referência o período de novembro de 2017 a dezembro de 2020 (Figura 3).

Observa-se que na fase inicial da construção o consumo mensal de energia elétrica mantém-se inferior a 100 kWh até agosto de 2018. A partir de então, nota-se uma crescente no consumo. O aumento significativo é causado pelo início da execução da alvenaria, etapa essa que exige o uso de betoneiras para mistura da argamassa de assentamento. Em 2019, o consumo passou a ter valores médios mensal de 293,1 kWh, e em 2020 de aproximadamente 327 kW/mês. Esse aumento no consumo médio foi causado pelo maior uso do elevador e equipamentos elétricos in loco, devido ao aumento de pisos da estrutura vertical.

**Figura 3. Consumo de energia elétrica em quilowatt nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 utilizados na obra.**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Ao analisar o consumo de energia elétrica, tem-se que o consumo médio mensal foi de 258,4 kWh. O consumo total no período analisado foi de 9.561 kWh, o que corresponde um índice de consumo de energia elétrica (Equação 3) de aproximadamente 2,52 kWh/ m<sup>2</sup> construído (Quadro 3).

Em estudo realizado por Povodenhak (2019), para uma obra de 7 pavimentos, com área total construída de 2.855,97m<sup>2</sup> (Obra A), obteve-se o índice de consumo de energia elétrica de 1,70 kWh/m<sup>2</sup>. Para a obra C (prédio de 7 andares, área total construída 4.240,46m<sup>2</sup>) obteve índice de consumo de energia elétrica de 2,5398 kWh/m<sup>2</sup>.

**Quadro 3 Consumo de energia elétrica durante a fase de infraestrutura e supraestrutura.**

<b>Área total construída (m<sup>2</sup>)</b>	3799,44
<b>Consumo Total de energia elétrica (kWh)</b>	9561,0
<b>Índice de consumo de energia elétrica (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	2,52

**Fonte: Autoria própria (2021).**

## 7 CONCLUSÃO

O Edifício avaliado pelo presente estudo encontra-se em construção, a próxima etapa consiste da fase de acabamentos. Logo, têm-se a demanda por novos trabalhos no sentido de avaliar a geração de resíduos em suas diferentes classes até etapa final da obra para somente assim, ter-se os reais volumes gerados e a base de dados completa para referência de elaboração de PGRCC. Assim como dos indicadores de consumo de água e energia elétrica.

Contudo, segundo os dados levantados até o momento observa-se que, o consumo de energia elétrica corresponde ao total de 9561 kWh, e o de água é de 497 m<sup>3</sup>. Sabendo que a área total construída corresponde a 3799,44 m<sup>2</sup>, tem-se para os dois itens supracitados o índice de consumo de energia elétrica e de água iguais a 2,52 kWh/m<sup>2</sup> e 0,131 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de construção, respectivamente.

Os resíduos aqui classificados como classe A são representados por resíduos de blocos cerâmicos e de concreto, justificados pelo método construtivo utilizado na obra. Os resíduos classe B são caracterizados por madeiras e EPS, sendo a madeira oriunda das caixarias de vigas e pilares, e o Poliestireno Expansível (EPS), do enchimento das lajes, que apresenta baixo desperdício, acarretando assim, em um volume menor de resíduos.

Por fim, tem-se que desde outubro de 2017 até dezembro 2020 foram gerados um total de 238,6 m<sup>3</sup> de RCC, dos quais 60,35% correspondem aos resíduos de classe A, 39,65% correspondem aos resíduos de classe (33,95% madeira e 5,7% EPS). Assim, para o período e fase de construção avaliada, o indicador de RCC para esta edificação de multipavimentos corresponde a 0,063 m<sup>3</sup> de RCC/M<sup>2</sup> construído.

Quando analisado especificamente o quantitativo de RCC Classe A, o indicador de geração é de aproximadamente 0,037 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> construído. Os RCC da classe A são destinados para aterro de resíduo Classe A, e os resíduos da classe B são reutilizados e/ou destinados para logística reversa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON. **A história do entulho**. 2018. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/entulho/>>. Acesso em: 11 de março de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 11 de março de 2021.

AGOPYAN, V. Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta. **Globo Ciência**. 13 de jul. de 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do meio Ambiente – CONAMA. “Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental”; publicada no Diário Oficial da União em 17/11/1986; Brasília, DF. Disponível em: Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 ([siam.mg.gov.br](http://siam.mg.gov.br)). Acesso em: 20 de setembro 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de maio de 2002, do Conselho Nacional do meio Ambiente – CONAMA. “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”; publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002; Brasília, DF. Disponível em: RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002 ([cetesb.sp.gov.br](http://cetesb.sp.gov.br)). Acesso em: 20 de setembro 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012, do Conselho Nacional do meio Ambiente – CONAMA. “*Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º, 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA*”; publicada no Diário Oficial da União em 19/01/2012; Brasília, DF. Disponível em: RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002 ([cetesb.sp.gov.br](http://cetesb.sp.gov.br)). Acesso em: 20 de setembro 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020 - NR 18, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. Disponível em: NR 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção ([www.gov.br](http://www.gov.br)). Acesso em: 20 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia – PNE 2050**. Brasília, 2020. Disponível em: Publicações ([epe.gov.br](http://epe.gov.br)). Acesso em: 15 de maio de 2021.

DAGNINO, G. B. Brasil recicla apenas 0,6% de entulho. Jornal DCI. 26 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.dci.com.br/impresso/brasil-recicla-apenas-0-6-de-entulho-1.768517>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

EMPREGO, PIB, QUALIDADE DE VIDA: CONHEÇA AS CONTRIBUIÇÕES DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA O BRASIL. **G1**, de 17 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/especial-publicitario/emp-movimento/noticia/2018/12/17/emprego-pib-qualidade-de-vida-conheca-as-contribuicoes-da-construcao-civil-para-o-brasil.ghtml>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

GONÇALVES, E. V.; SOUZA, P.C.; RODRIGUES, P.H.; MENDONÇA JUNIOR, G. F. Application of the 5S principles at the construction site. **I South Florida Congress of Development, MIAMI**, 2021.

GREEN, Going. **Canteiro sustentável: saiba como reduzir o consumo de água nas obras**. de 20 de março de 2019. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PR0iGo6eVaQJ:https://goinggreen.com.br/2019/03/20/canteiro-sustentavel-saiba-como-reduzir-o-consumo-de-agua-nas-obras/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

LANNA, L. A crise hídrica brasileira e a falta de planejamento. **Migalhas**, de 27 de fevereiro de 2015. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/216277/a-crise-hidrica-brasileira-e-a-falta-de-planejamento>>. Acesso em 21 de maio de 2021.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

MARQUES, C. T. et al. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 79-90, 2017. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212017000400079&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212017000400079&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

MOURA, A. Economia de água na construção civil. Associação Nacional da Indústria Cerâmica – **Anicer**, v. 9. Disponível em: <<https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-95/crise-hidrica/>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

MOURA, M. D; MOTTA, A. O fator energia na construção civil. **IX Congresso nacional de excelência em gestão**, 2013. Disponível em: <<https://www.inovarse.org/filebrowser/download/15525#:~:text=Efici%C3%AAncia%20energ%C3%A9tica%20%C3%A9%20definida%20como,com%20baixo%20disp%C3%AAndio%20de%20energia.&text=No%20%C3%A2mbito%20da%20arquitetura%20e,com%20menor%20consumo%20de%20energia%E2%80%9D.>>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

NETO, J. D. Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos. **Eumed.net**, Campina Grande, 2008. Disponível em: <<https://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/447/index.htm#:~:text=O%20objetivo%20norteador%20desse%20t>>

rabalho,para%20o%20desenvolvimento%20dessas%20atividades.>. Acesso em: 11 de maio de 2021.

OLIVEIRA, T. Y. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Projeto de graduação (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

ONU. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos – WWAP. **Água para um mundo sustentável**. 2015. Disponível em: <[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary\\_POR\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf)>. Acesso em: 27 de novembro de 2020.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT – PBQP-H. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras**. Portaria 383. 2018. Disponível em: <[http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_siac.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac.php)>. Acesso em: 21 de junho de 2020.

PENA, R. F. *Distribuição da água no Brasil*. **Brasil Escola**, 2016. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

PEREIRA, E. C. **Avaliação do uso e consumo de água na construção civil**. Dissertação (Graduação em engenharia) – Universidade Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2018.

PINTO, T. D. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1999.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. **PNUD Brasil**. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/>>. Acesso em 10 de maio de 2021.

POVODENHAK, G. I. **Análise da geração de resíduos sólidos e do consumo de água e de energia elétrica em três obras de construção civil de uma construtora em Campo Mourão – Paraná. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia)** - Universidade Federal do Paraná – UTFPR. Campo Mourão, 2019.

SIENGE. Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil. **Sienge Plataforma**, 29 de setembro de 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

VALPORTO, M. S.; AZEVEDO, P. S. Gestão do design na identificação dos fatores de impactos ambientais da construção civil. **Estudos em design**, v. 24, n. 1, p. 124-151, 2016.