

OS IMPACTOS ECONÔMICO E SÓCIOAMBIENTAL CAUSADOS PELO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: Abordagem teórica

THE ECONOMIC AND SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY THE CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE: Theoretical approach

Micael Wesley Medeiros de Moraes¹, Jaily Moreira Xavier¹

¹Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

Resumo

Com o desenvolvimento populacional, as atividades na construção civil vêm se alavancando cada vez mais, o que resulta em uma produção maior de resíduos descartados em aterros ou lugares irregulares. Em função disso, o presente estudo foi desenvolvido com o intuito de alertar sobre o dano que o resíduo de construção e demolição (RCD) causa ao meio ambiente devido ao acúmulo. Este resíduo tem uma serventia gigantesca quando reutilizado, podendo ser empregado como material granular em pavimentos urbanos, precisamente aplicado na base/sub-base. Para isso, foi realizada uma análise econômica, onde diversas etapas foram analisadas, entre elas o custo inicial, o valor de máquinas, mão de obra, energia gasta e demanda por agregados reciclados, para estimar o valor médio de quanto seria o retorno econômico, objetivando a reutilização de RCD. A análise mostrou que há uma viabilidade, pois há uma redução de 50% ou mais do custo na execução com a substituição do agregado natural pelo alternativo nas camadas do pavimento. O resíduo sólido quando reutilizado na pavimentação apresenta uma alta aplicabilidade, o que representa um saldo positivo para o meio ambiente. Os impactos ambientais causados pelo RCD, em sua grande maioria podem ser revertidos, podendo gerar um grande potencial para benefício social e econômico.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Sustentabilidade. Reciclagem. Resíduo de construção civil.

Abstract

With population development, activities in civil construction have been increasingly leveraged, which results in a greater production of waste discarded in landfills or irregular places. As a result, the present study was developed in order to warn about the damage that construction and demolition waste (RCD) causes to the environment due to accumulation. This waste has a huge use when reused, and can be used as granular material in urban pavements, precisely applied to the base / sub-base. For this, an economic analysis was carried out, where several steps were analyzed, among them the initial cost, the value of machinery, labor, energy spent and demand for recycled aggregates, to estimate the average value of how much the economic return would be, aiming at the reuse of RCD. The analysis showed that there is a viability, as there is a reduction of 50% or more in the cost of execution with the substitution of the natural aggregate for the alternative in the pavement layers. The solid waste when reused in paving has a high applicability, which represents a positive balance for the environment. Most of the environmental impacts caused by the RCD can be reversed and can generate great potential for social and economic benefits.

Key words: Solid waste. Sustainability. Recycling. Civil construction waste.

Introdução

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), pode-se associar os resíduos coletados como todo material, substância, objeto ou bem descartado proveniente de atividades humanas. Tais resíduos têm grande viabilidade de tratamento ou recuperação, para que possam ser reutilizados de forma sustentável.

O setor construtivo tem apresentado um grande aumento nos últimos anos em razão do crescimento populacional, o que ocasionou na ampliação das atividades no ramo da construção civil, acarretando na larga exploração de recursos naturais e, conseqüentemente, na geração de RCD (Resíduo da Construção e Demolição), a qual apresenta índices preocupantes, tendo como um dos principais fatores o desperdício de materiais usados nas obras (MORAIS, 2006 *apud* BRASILEIRO e MATOS, 2015).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma Brasileira (NBR) número 10.004 de 2004, que classifica os resíduos sólidos de acordo com a sua origem, suas características e os materiais que os constituem. Além disso é feita uma listagem dos resíduos com suas substâncias, da qual o impacto ao meio ambiente e a saúde são reconhecidos.

O RCD nas regiões urbanas é classificado por suas características e sua derivação. Tais resíduos são formados de três maneiras: construções, reformas e demolições. O descarte irregular desses resíduos acarreta diversos danos ao meio ambiente, por exemplo, poluição visual e ambiental, e ainda pode ocasionar problemas de saúde pública, pois, devido à presença de materiais orgânicos, produtos químicos e embalagens, pode ocorrer proliferação de diversos insetos, causando danos à sociedade e ao seu entorno (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

Os impactos mais perceptíveis relacionados aos RCD são associados ao descarte inapropriado do material, prejudicando a paisagem, drenagem de águas pluviais, até mesmo o tráfego de pedestres e veículos. É preciso ressaltar que além de violar a lei, também leva à atração de resíduos não inertes. Ainda que a responsabilidade do destino dos resíduos sólidos seja de quem o produz, mesmo que seja órgão privado ou público conforme a resolução 307 (CONAMA, 2004), pequenas produções também não respeitam essa indicação, onde ocorrem circunstâncias de deposição de RCD em vias públicas, terrenos baldios e etc. Essa deterioração da paisagem urbana incentiva a formação de "mini" lixões que colaboram com a proliferação de vetores de doenças e o entupimento dos sistemas de drenagem.

Em alguns países o uso de agregado reciclado já se tornou comum, não só sendo usado em pavimentos, mas também em fabricação de concreto armado para edificações de porte médio e até mesmo em concreto protendido onde se exige uma maior resistência. Vale salientar que para o uso de agregados reciclados na fabricação de concreto armado e/ou protendido, deve ter um acompanhamento rigoroso no processo de trituração dos resíduos, pois, podem ser adicionados materiais com baixa resistência.

São visíveis os problemas ambientais que envolvem a geração de resíduos da construção civil, bem como as variadas interferências no meio natural devido ao acúmulo e destinação indevida para esse resíduo. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016) mostra que cerca de 112.262 toneladas de resíduos de construção e demolição são geradas por dia no Brasil. Quando esses resíduos deixam de ser descartados em aterros ou até no próprio meio ambiente, pode-se gerar um resultado positivo e isso acrescentará um valor menor à produção de materiais recicláveis, pois a diminuição da necessidade da matéria-prima virgem causaria uma redução nos custos das empresas, causando impacto socioambiental e econômico (GOULARTE, 2020).

A Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 prescreve que o desenvolvimento econômico e social são um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a alcançar os seguintes objetivos: recolher os resíduos sólidos e devolvê-los ao setor comercial para sua reutilização em seu ciclo ou em uma nova etapa, descrita pelo Art. 3º, inciso XII, Logística Reversa.

A vantagem econômica da reutilização está na diminuição da matéria prima base, uma vez que a indústria da construção civil tem a capacidade de filtrar e reutilizar todo resíduo gerado pela mesma, a partir da reciclagem dos materiais de construção e do reaproveitamento dos

RCD. Um exemplo a ser citado é a produção de agregados, areia, brita, blocos e dutos de drenagem, além de outras técnicas usadas por usinas de RCD, como contenção de encostas e canalização de córregos (COELHO E BRITO, 2013).

A construção civil tem um impacto indispensável na movimentação da economia, pois a mesma propicia a viabilização de moradias, infraestrutura e empregabilidade, desde obras de construção a usinas de fabricação e reciclagem, onde proporciona, a partir do RCD, a produção de pavimentações, agregado para concreto, reforços de aterros, entre outros (QUEIROZ, 2013). Desta forma, visando a diminuição do impacto ambiental e um avanço na economia, este estudo tem como direcionamento o uso de RCD na construção civil, com ênfase na construção de pavimentos que utilizam o RCD em substituição ao agregado tradicional usado na base e na sub-base, o agregado graúdo (brita), onde com o uso de agregado alternativo também terá requisitos técnicos admissíveis pelas normas brasileiras e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Materiais E Métodos

O Panorama dos Resíduos Sólidos da Associação das Empresas de Limpeza Pública Espacial (ABRELPE, 2018), demonstrou que o Brasil gerou 79 milhões de toneladas de resíduos somente no ano de 2018. Dentre esses resíduos gerados nos últimos anos, foi visto que há necessidade de ampliação na infraestrutura devido ao aumento do setor construtivo e sua maneira de descarte. Esses resíduos atuam como um passivo, em muitos casos causando vários problemas devido à falta de gerenciamento adequado (ALMEIDA *et al.* 2018).

A partir do dado citado acima, foi realizada uma análise econômica, técnica e social, tendo como exemplo a produção de base e sub-base para pavimentações com o uso de material alternativo. Considerando a reutilização do RCD, algumas informações foram obtidas a partir da leitura de artigos e pesquisas (relatórios gerenciais e análises de obras). A análise feita incluiu a quantidade de brita necessária para a construção de uma via, a mão de obra utilizada e o quantitativo médio de entulho gerado na obra, chegando a um custo e comparando com o mesmo serviço realizado com o uso de agregado alternativo.

Para possibilitar um aprofundamento na pesquisa, a Travessa Antônio Nogueira dos Santos, do bairro Vila Bela, situado na cidade de Serra Talhada foi utilizada para uma análise de pavimentação. O critério de escolha da rua selecionada foi a extensão e a classe econômica dos moradores que habitam a mesma, contendo a rua uma pequena extensão e pertencente a um bairro de renda baixa.

Em seguida foi realizada uma visita técnica para obtenção de dados do local escolhido, com o propósito de levantar o volume de material necessário e calcular o valor total da execução para uma pavimentação que utiliza a brita ou o RCD como agregado para uso de base e sub-base. Para a elaboração do orçamento, todos os valores foram retirados de uma tabela acessada no site do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Foi realizada uma comparação entre o custo para pavimentar a via utilizando a brita nas camadas de base e sub-base do pavimento e o custo substituindo a brita pelo RCD.

Para chegar à informação do custo médio de m^3 de material reciclado, foram realizadas análises de custo de produção do RCD. Para estabelecer o custo médio foram levadas em consideração despesas com maquinário, energia elétrica e funcionário. Para isso, buscou-se informações a respeito da produção do RCD em empresas que já fazem o uso desses agregados alternativos.

Uma empresa mostra que a máquina Conjunto Britador DB400, é essencial para a realização da trituração dos resíduos para que eles cheguem a granulometrias desejadas para o uso como agregados alternativos. O cálculo para a obtenção do custo da produção de $1 m^3$ de RCD está detalhado abaixo no Quadro 1.

Quadro 1 - CÁLCULO DE COMPOSIÇÃO 1**1.0 CÁLCULO DE CUSTO DO MATERIAL NECESSÁRIO PARA PAVIMENTAÇÃO****1.1 Volume de material**

Comprimento x largura x Espessura

$$114 \text{ metros} \times 5,8 \text{ metros} \times 0,1 \text{ metros} = 66,12 \text{ M}^3$$

1.2 Custo de material convencional

Volume do material (M³) x Custo do material por M³

$$66,12 \text{ M}^3 \times 107,46 = \text{R\$ } 7105,2552$$

1.3 Consumo de energia da máquina por dia

Consumo/hora x quantidade de horas/por dia

$$16,7 \text{ KW/H} \times 8\text{H} = 133,6 \text{ KW}$$

Dado de consumo obtido no catalogo de maquinas da Doreli construtora, citado nas referências da pesquisa.

1.4 Custo de consumo de KW/dia

Custo de KW x Consumo de KW

$$\text{R\$ } 0,52 \times 133,6 \text{ KW} = \text{R\$ } 70,22$$

1.5 Produção diária de agregado graduado

Em média se produz de 6 a 8 m³ de agregado graduado por hora, para o cálculo foi utilizado a quantidade mínima de produção.

Horas de funcionamento da máquina x produção média

$$8 \text{ Horas} \times 6 \text{ M}^3 = 48 \text{ M}^3$$

1.6 Custo com funcionários

Para o cálculo, foi-se atribuído um custo de 5 funcionários trabalhando 8 horas por dia e 40 horas semanais e 200 horas mensais recebendo um salário mínimo.

Valor do salário mínimo / quantidade de horas mensais trabalhadas

$$1045 / 200 = \text{R\$ } 5,25/\text{hora (aproximadamente)}$$

(Custo por hora x quantidade de funcionários x quantidade de horas por dia) + custo de consumo de KW/dia

$$(5,25 \times 5 \times 8) + 70,22 = \text{R\$ } 280,22$$

1.7 Custo médio por M³ de agregado graduado

Custo diário de produção / Produção diária

$$\text{R\$ } 280,22 / 48 \text{ M}^3 = \text{R\$ } 5,84/\text{M}^3 \text{ (aproximadamente)}$$

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Resultados E Discussão

Na Tabela 1 observa-se a diferença de preço ao utilizar o RCD graduado simples obtido através da trituração de resíduos de classe A que custa um valor de R\$ 5,84 onde estipulamos um valor médio de mercado de R\$ 45,00 por metro cubico onde já levamos em consideração o lucro da empresa que fornece o material, e a brita graduada simples, que segundo a tabela SINAPI, está custando aproximadamente R\$107,46 por metro cubico. Esse valor, quando comparado ao mesmo serviço feito com o material reciclado, apresenta uma grande diferença de custo, pois o mesmo apresenta menos que 50% do valor gasto em uma pavimentação com material convencional.

Com obtenção destes dados observa-se que a viabilidade econômica do uso de material reciclado é positivo, além disso, vale ressaltar que a cada 1m³ de RCD reutilizado é menos 1m³ de jazidas extraídas para a fabricação de agregados graúdos e conseqüentemente 1m³ a menos de resíduo descartado na natureza em sua grande maioria de forma irregular. Como mostrado na Figura 1, esses dados são razoáveis em pequenas escalas de uso, mas com a frequência do uso destes materiais, torna-se visível o poder de economia que o mesmo traz para os construtores. Foi adotado um valor de venda de agregado alternativo médio de empresas que trabalham com esse tipo de material e, dependendo da região, pode-se adotar valores até inferiores ao valor mostrado na Tabela 1, pois, o custo de fabricação é quase irrisório comparado com o custo de venda.

Da perspectiva técnica, muitos trabalhos podem comprovar a viabilidade técnica do uso de agregado reciclável, onde o mesmo se adequa na utilização em camadas de pavimentos. Na maioria dos estudos são apresentados desempenhos mecânicos aceitáveis para a aplicação em base de pavimentos. Leite *et al.* (2011) constataram com base no ensaio de resiliência que o RCD bem como o agregado natural possuem desempenhos similares. Arulrajah *et al.* (2014) identificaram a partir de ensaios triaxiais resultados bastante elevados do ângulo de atrito para

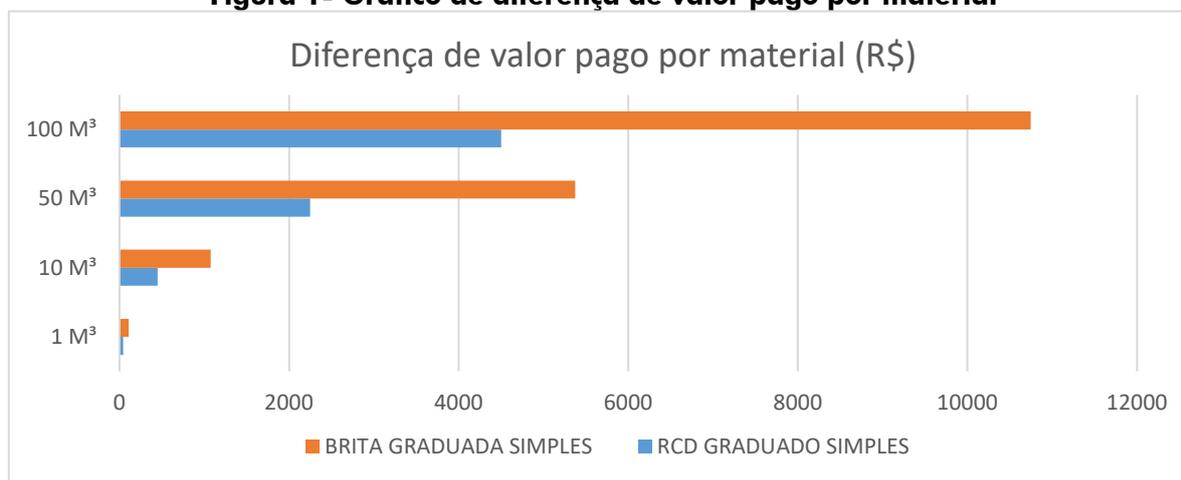
o RCD. Herrador *et al.* (2012) analisaram a partir de um estudo prático de campo que a eficiência de suporte apresentada pelo uso do RCD evidenciou um comportamento similar ao analisado para uma estrutura de agregado convencional. Estes estudos, entre outros, demonstram o desempenho que esse material alternativo exhibe.

Tabela 1 - Comparação de custo (agregado natural e agregado alternativo)

Item	Ref.	Descrição	Und.	Ori. do preço	Qnt.	C. Unt.	Total
96396	SINAPI	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de brita m3 a graduada simples - exclusive carga e transporte. Af_11/2019	M ³	AS	66,12	107,46	7105,255 2
-	CMP. 1	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de RCD graduado simples - exclusive carga e transporte.	M ³	-	66,12	45,00	2975,4

Fonte: Autor próprio (2020)

Figura 1- Gráfico de diferença de valor pago por material



Fonte: autor próprio (2020)

Da perspectiva financeira o uso de agregados reutilizáveis pode trazer muitos benefícios para os donos de usinas de reciclagem, onde, o custo do material é insignificante comparado ao convencional, sem mencionar os ganhos que a sociedade poderia ter e a economia que iria gerar para o próprio município onde forem instaladas usinas de reciclagem. A carência de usinas de reciclagem de resíduos de construção no Brasil dá-se pela ausência de comprovação de que o agregado reciclado na construção civil pode resultar em um produto de qualidade e resultar em uma economia vasta ao construtor.

No país ainda há bastantes problemas relacionados ao uso de agregados recicláveis, uma das maneiras de conscientizar as pessoas de que o agregado reciclado tem sim uma boa aplicabilidade e tem resultados comprovados, é inserir um novo produto no mercado abrindo conceito de qualidade sobre ele e havendo apoio governamental para que seja obrigatório o uso de agregados reciclados em obras públicas, gerando assim maior interesse na sociedade e até mesmo em pessoas que trabalham na área, demonstrando que os materiais reciclados dispõe uma boa qualidade.

No Brasil existe uma norma específica para o uso de RCD em pavimentação que é a NBR 15.116 do ano de 2004, na qual são descritos todos os requisitos técnicos e obrigatórios para o uso do material alternativo para a execução da base/sub-base de qualquer pavimentação. A norma também atende a todas as especificações da resolução 307 do CONAMA.

Considerações Finais

O presente estudo evidencia os diversos benefícios que a reutilização do RCD agrega ao desenvolvimento técnico e econômico de forma sustentável, além do proposto benefício ambiental.

Algumas das medidas de reparação ambiental podem ser aplicadas de imediato com a convicção de que o investidor terá um retorno financeiro positivo, como visto no caso da reutilização do RCD, que após coletado e processado, transforma-se em um agregado reciclado com requisitos tecnológicos aprovados para ser utilizado na execução de camadas de pavimentação. Podendo concluir assim que mesmo se alguém quiser começar com uma usina de resíduos reciclados, o investimento não é tão alto e o retorno é rápido, pois, não há custo de matéria-prima, e ainda estará ajudando o meio ambiente com uma destinação adequada dos resíduos.

No estudo realizado para a pavimentação de uma rua na cidade de Serra Talhada-PE, foi evidenciado e comprovado como o uso de RCD graduado como agregado alternativo tem um grande potencial econômico, reduzindo mais do que 50% do custo de execução da base e sub-base do pavimento, como também seu desempenho técnico que também é comprovado com diversas análises laboratoriais e práticas em alguns estudos apresentados.

Depois de todas essas evidências e estudos, pode-se concluir que o uso de RCD como agregado alternativo é viável e atende a critérios técnicos, além de gerar uma economia significativa, e o mais importante é que com o uso de RCD há uma grande diminuição dos descartes inadequados de resíduos na natureza, evitando vários problemas sociais, econômicos e de saúde.

Referências

ABRECON, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO, 2011. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/.../636-brasileiro-produz-meia-tonelada-de-residuo-nacon...> Acesso em: novembro/2020.

ABRELPE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama nos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2016

ALMEIDA, J.; **Viabilidade técnica do uso e econômica da produção do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2016.

ARULRAJAH, A.; DISFANI, M.M.; HORPIBULSUK, S.; SUKSIRIPATTANAPONG, C.; PRONGMANEE, N. **Propriedades físicas e respostas de resistência ao cisalhamento de aplicações de base/sub-base de pavimento reciclado de construção e demolição**. Construção e materiais de construção. 58, 2014, 245–257

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro-RJ, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116: Agregados Reciclados de Resíduos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro-RJ, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010 DOU 03.08.2010 Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <file:///Users/loren/Downloads/Lei%20N%C2%BA%2012.305%20de%2002%20de%20agosto%20de%202010.pdf>. Acesso em: 17 de out. 2020.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189, jun. 2015 .

COELHO, A.; BRITO, J. de. **Economic Viability Analysis of a Construction and Demolition Waste Recycling Plant in Portugal - part I: location, materials, technology and economic analysis**. Journal of Cleaner Production, v. 39, p. 338-352, Jan. 2013.

GULARTE, L. C. P. **Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros**. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 281- 291, mar. 2020.

HERRADOR, R.; PÉREZ, P.; GARACH, L.; ORDÓÑEZ, J. **Uso de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para revestimento de estradas**. Journal of Transportation Engineering. 2012, 138, 182-190.

LEITE, F.C.; MOTTA, R.S.; VASCONCELOS, K.L.; BERNUCCI, L. **Avaliação de laboratório de resíduos reciclados de construção e demolição para pavimentos**. Construção e materiais de construção. 25, 2011, 2972-2979

LOCALIZAÇÃO DA TRAVESSA ANOTNIO NOGUEIRA DOS SANTOS. **Google Maps**, 2020. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/VV2kbzoVZcoo5nVk6>> Acesso em: dezembro/2020

QUEIROZ, N.; **Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Monte Carlos- MG, 2016.

TABELA DE TARIFAS E PREÇOS FINAIS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Companhia energética de pernambuco**, 2020. Disponível em:<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CELPE_TARIFAS_DE_ENERGIA_ELETRICA_JULHO_20_20_REH_N_2.683_Grupo A.pdf> Acesso em: novembro/2020 .

Recebido em: 20/08/2021

Aprovado em: 15/09/2021