



AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E DE EMISSÕES DE CO₂: ESTUDO DE CASO EM UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Jaqueline Ramos Grabasck¹ (jaquegrabasck@gmail.com), Andrea Parisi Kern¹ (apkern@unisinis.br), Carlos Alberto Mendes Moraes¹ (cmoraes@unisinis.br)
1 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

RESUMO

A construção civil no Brasil é um importante setor, sendo um dos responsáveis pela geração de empregos e pelo desenvolvimento econômico. Porém, as atividades desenvolvidas neste setor geram impactos ambientais significativos, que normalmente atingem diretamente a saúde do trabalhador. A fim de quantificar os danos causados pela operação do maquinário de beneficiamento do agregado reciclado de resíduos de construção e demolição, foram medidos os níveis de pressão sonora e as emissões de CO₂ ocasionados por este processo produtivo. Os níveis de pressão sonora foram medidos com um decibelímetro digital, utilizando como base avaliativa 70 dB. Apresentando valores acima do aceitável pela legislação na área próxima ao britador. Com os resultados obtidos, averiguou-se a necessidade da utilização de equipamentos de proteção individual, para amenizar os ruídos ocasionados pelo maquinário. Já para a análise das emissões de CO₂, foram realizadas as quantificações por meio do cálculo estequiométrico e do valor de densidade do diesel, combustível utilizado para o manejo e transporte do agregado. Os resultados salientaram a importância da produção do agregado próximo ao local de consumo, devido aos altos índices de CO₂ emitidos pelo transporte e também pelo combustível consumido. O que indica a necessidade de implantação de usinas de reciclagem de RCD em um raio máximo de 200 km entre si.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição; Aspectos e impactos ambientais; Usinas de reciclagem de RCD.

SOUND PRESSURE LEVEL ASSESSMENT AND CO₂ EMISSIONS: A CASE STUDY IN A CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE RECYCLING PLANT

ABSTRACT

The construction industry in Brazil is an important sector, being one of those responsible for the generation of jobs and economic development. However, the activities in this sector generate significant environmental impacts, which often directly affect workers' health. In order to quantify the damage caused by processing machinery operation of recycled household waste from construction and demolition, sound pressure levels were measured and CO₂ emissions caused by this production process. The sound pressure levels were measured with a digital noise meter, using as a base evaluative 70 dB. With values above the acceptable by law in the area near the crusher. With the results obtained, examined whether the need for the use of equipments for individual safety, to mitigate the noise caused by machinery. As for the analysis of CO₂ emissions, measurements by calculating stoichiometric and diesel density value, fuel used for the handling and transport of aggregate they were made. The results highlighted the importance of household production close to the place of consumption due to high levels of CO₂ emitted by transport and also the fuel consumed. This indicates the need for implementation of RCD recycling plants in a radius of 200 km from each other.

Keywords: Waste from construction and demolition; Environmental aspects and impacts; RCD recycling plants.

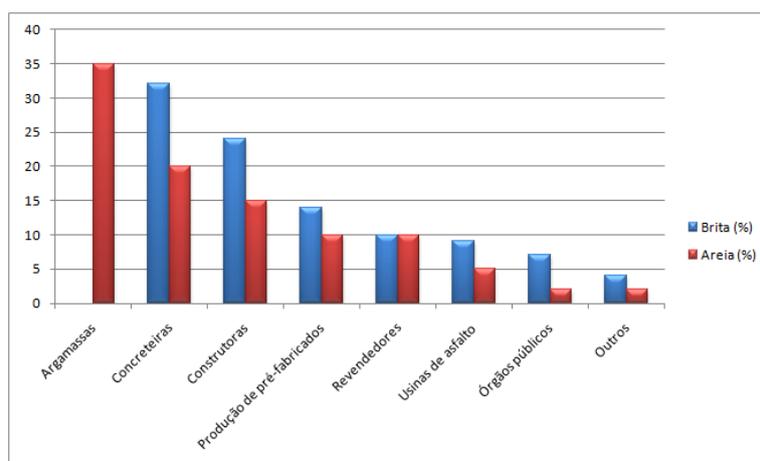


1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil fomenta o cenário econômico, com a geração de empregos e a constante demanda de materiais. Porém, este setor é responsável por vários impactos ambientais, um exemplo destes, é a escassez de recursos naturais. Entre eles, pode-se citar a areia e a brita que destacam-se por serem dois dos principais minérios consumidos.

Para a produção de argamassa há um consumo de 35% do total de areia extraída no país. Entretanto, esta é a única atividade que não consome brita. Já as concreteiras são as maiores consumidoras de britas, pois utilizam 32% do material gerado (Figura 1).

Figura 1. Consumo de agregados por segmentos



Fonte: ANEPAC apud ABDI, 2012

Consequentemente, com os altos índices de construções e de consumo de agregados há também uma grande geração de resíduos.

Em 2013, foram geradas 117 mil toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) nos municípios brasileiros. (ABRELPE, 2013). Os resíduos de construção são originados de construções, reformas, reparos, demolições, escavações e preparação do solo. Compostos por tijolos, blocos cerâmicos, concreto, argamassas, telhas, gesso, solos, rochas, tintas, madeiras, resinas, pavimentos, tubulações, vidros, plásticos e tubulações elétricas. (DECRETO 18.481, 2013).

Alguns destes resíduos podem ser utilizados como agregados reciclados, após passarem por um processo de beneficiamento. O material resultante pode ser aplicado em obras de edificações, de infra-estrutura, em aterros sanitários e em outras obras no setor da engenharia.

Cidades como Porto Alegre, Fortaleza, Recife e Rio de Janeiro já buscam por materiais alternativos, como a areia de britagem e a areia de RCD. (SANTOS, 2014). Esta procura se intensifica devido à escassez de recurso natural e pelas grandes distâncias percorridas entre o local de extração e o local de consumo.

Para a utilização do RCD como agregado faz-se necessário o beneficiamento do resíduo, que caracteriza-se pelo processo de reciclagem do material, a fim de tornar o resíduo em matéria prima.

As grandes distâncias acarretam em danos as estradas e altas emissões de CO₂, além de elevar o valor final do produto. Pois 2/3 deste valor deve-se ao transporte, o que ressaltar a importância de produzir os materiais o mais próximo dos locais de consumo. (QUARESMA, 2009).

A deficiência de usinas na maioria das regiões brasileiras, além de encarecer o produto, gera altos índices de poluentes atmosféricos. Salienta-se as emissões de CO₂, que tornam-se mais



frequentes devido a falta de manutenção nos veículos e, muitas vezes, também ao longo período de uso destes veículos.

Apesar da reciclagem do RCD ser fortemente indicada pela legislação e propiciar um destino adequado para o resíduo, assim como, em qualquer outro processo produtivo, há ocorrência de impactos ambientais.

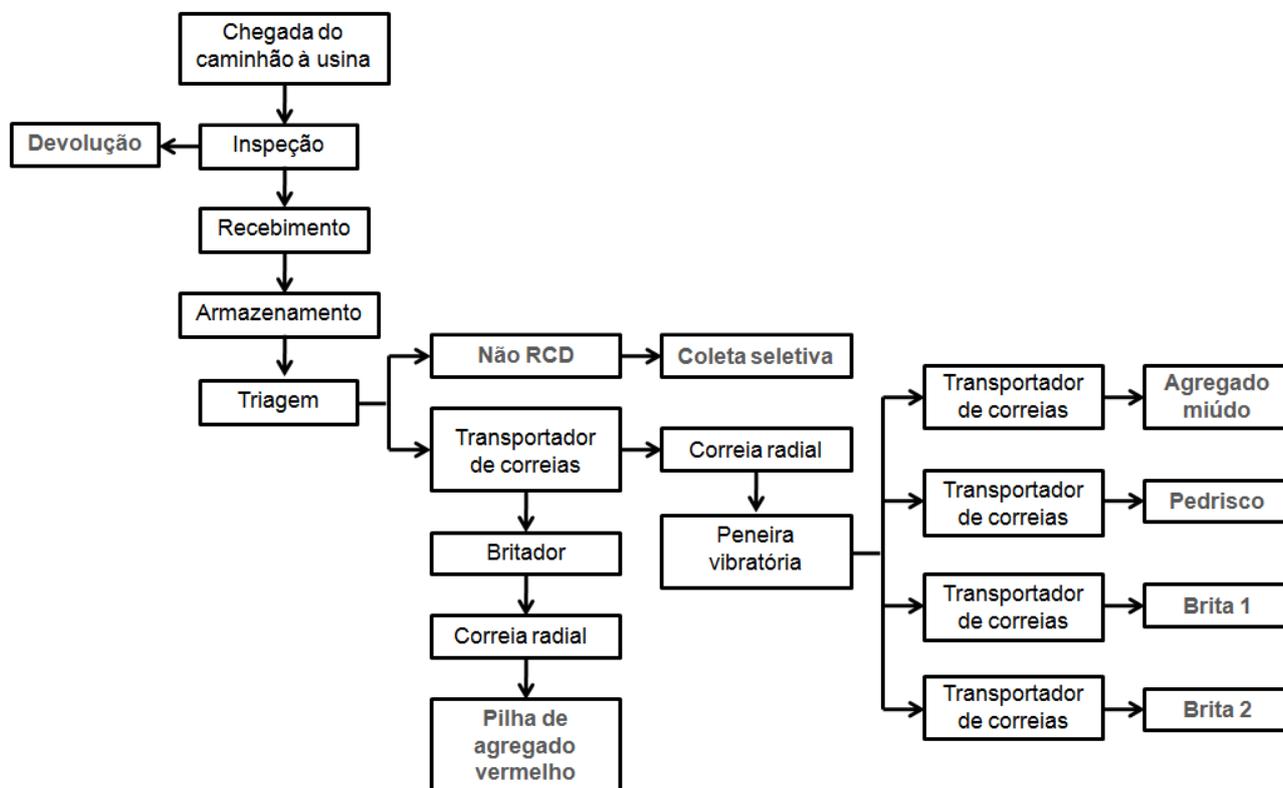
Entre os impactos ambientais que atingem diretamente a saúde do operador de maquinários, pode-se salientar a emissão de ruídos, ocasionados pelo britador durante o processo de beneficiamento. A exposição frequente e por longos períodos de tempo tendem a acarretar em perda auditiva, que conseqüentemente, impossibilita a permanência do funcionário neste setor industrial, levando, em determinados caso, ao afastamento permanente.

1.1 Usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição

As usinas de reciclagem de RCD desempenham um papel importante no processo de produção do agregado reciclado de RCD, por serem responsáveis pela separação e identificação do material que possui condições favoráveis para seguir para o processo de beneficiamento.

O processo de beneficiamento do agregado reciclado de RCD tem início com a coleta do resíduo, seu transporte até as centrais de triagem, a triagem do resíduo, a sua aplicação no alimentador, seguindo por um transportador de correias, que direciona a fração miúda ao escalpe e o restante ao britador. Parte do material segue por uma correia radial até a pilha de material vermelho e o restante para a peneira vibratória, que por meio do transportador de correias, o material será conduzido às pilhas com diferentes granulometrias (Figura 2). (SANTOS, 2007; MIRANDA, 2015).

Figura 2. Planta de reciclagem de resíduos de construção e demolição



Fonte: Baseado em Santos (2007) e Miranda (2015)



Ao obter granulometrias variadas torna-se possível a aplicação do material em diversas finalidades, por exemplo, no assentamento de tubulações, sendo a sua aplicação realizada *in natura*, ou em concretos não-estruturais, a fim de substituir o agregado natural.

Para a realização do processo de beneficiamento há a necessidade de efetuar o manejo do material, nas dependências da usina, que para isso faz-se necessário o consumo de combustível. Para o funcionamento do britador há consumo de combustível ou de energia elétrica. Alguns britadores possuem contenção de material particulado, por meio da instalação de aspersores de água. Apesar de a legislação salientar a importância do descarte do material previamente separado, é comum chegarem às usinas, cargas com rejeitos não aplicáveis ao processo produtivo do agregado, devido a permanência das caçambas de entulho em vias públicas e sem uma cobertura de proteção, a fim de evitar que sejam dispostos rejeitos que não são gerados na obra.

Com a realização do processo de beneficiamento são gerados: o agregado (o produto), o CO₂, o SO₂, o material particulado, ruídos e rejeitos.

1.2 Aspectos e impactos ambientais

Os aspectos ambientais correspondem aos elementos ou produtos de um empreendimento, que podem interagir com o meio ambiente, podendo causar impactos ambientais, positivos ou negativos. Os impactos ambientais representam qualquer modificação resultante dos aspectos ocasionados pelo empreendimento, podendo ser positivos ou negativos. (ISO 14001, 2004).

Considera-se um aspecto ambiental significativo, aquele que ocasiona ou pode ocasionar um impacto ambiental significativo. (ISO 14001, 2004).

As emissões de CO₂ são aspectos ambientais que acarretam no aumento do efeito estufa, sendo este o impacto ambiental resultante. Além das emissões de CO₂, o consumo de combustível configura o consumo de matéria prima e, conseqüentemente, o aumento do efeito estufa e até a redução da camada de ozônio.

Já os ruídos, além de ocasionar em danos à saúde do operador de maquinários, também acarretam na perturbação as comunidades vizinhas ao empreendimento.

2. OBJETIVO

Avaliar impactos ambientais ocasionados pelo processo de beneficiamento do agregado reciclado de resíduos de construção e demolição de uma usina de reciclagem, com enfoque no nível de pressão sonora e nas emissões de CO₂, dois importantes impactos que afetam diretamente os operadores do maquinário utilizado para realizar o beneficiamento do resíduo de construção e demolição.

3. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram quantificados os impactos ocasionados pelos ruídos e as emissões de CO₂ em uma usina de reciclagem de RCD, no Estado do Rio Grande do Sul.

Para averiguar o nível de pressão sonora durante o processo avaliado foi consultada a Resolução CONAMA n° 01 de 1990, que determina a utilização da NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento (2000), especificando o método para a medição de ruído e as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades.

Para a realização destas medições foi utilizado um decibelímetro – medidor de nível de pressão sonora – digital, da marca Instrutherm, modelo DEC-460.

Foram determinados três pontos de medições: UR01 – junto ao britador; UR02 – próximo ao escritório, local com maior circulação de seres humanos; e UR03 – junto ao acesso à usina (Figura 3). Em cada um destes pontos foram realizadas cinco medições, a fim de obter a média do nível de pressão sonora emitido durante as atividades analisadas.



Figura 3. Localização dos pontos de medições do nível de pressão sonora realizado na usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição



Fonte: Google Earth (2016)

Para a avaliação dos resultados obtidos utilizou-se os índices apresentados pela NBR 10151 (2000) em decibels ponderados m “A” [dB (A)]. Considerando a área analisada admitiu-se como nível de critério de avaliação (NCA), o índice de 70 dB, por se tratar de um local predominantemente industrial, com utilização do maquinário apenas no período diurno.

Devido ao déficit de usinas de reciclagem de RCD no país, optou-se pela definição de faixa de deslocamentos para quantificar o CO₂, utilizando 100, 200, 300 e 400 km.

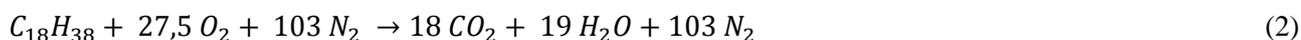
A fim de obter a quantificação das emissões de CO₂ foram utilizadas a reação estequiométrica de combustão completa do diesel e os seus valores de densidade, resultando no valor de massa de CO₂ emitido para cada m³ de combustível consumido.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa o processo de combustão completa, que ocorre quando o combustível encontra a quantidade estequiométrica de ar necessária para realizar a sua queima.



Fonte: Carvalho Jr e McQuay (2007) e FEPAM (2010)

O diesel é representado pela fórmula C₁₈H₃₈, utilizando a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** para o cálculo da reação estequiométrica.



Fonte: FEPAM (2010)

A combustão consome oxigênio (O₂) e produz dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). Entretanto, com o decorrer do tempo, a imperfeição no contato dos reagentes e alguns compostos indesejáveis, prejudicam a combustão e acarretam na formação de material particulado e NO_x. Os principais poluentes emitidos são o CO, HC e NO_x, que se formam durante a combustão de combustíveis fósseis e são emitidos em grandes quantidades ao meio ambiente. (FEPAM, 2010).



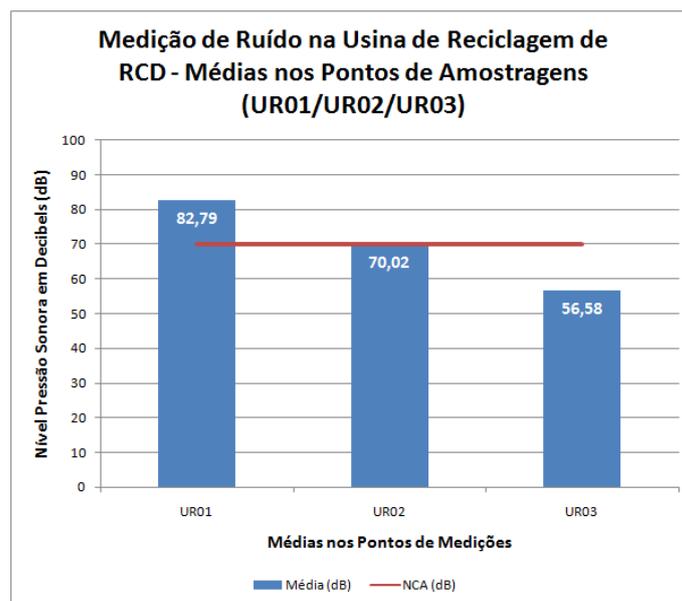
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens a seguir encontram-se os resultados obtidos nesta pesquisa.

4.1 Avaliação de ruídos – nível de pressão sonora

Na Figura 4 estão apresentados os valores obtidos com as medições de ruídos. Utilizando como referência avaliativa 70 dB, por se tratar de uma área predominantemente industrial.

Figura 4. Medição do nível de pressão sonora na usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição (dB)



Apenas o ponto de medição localizado junto ao acesso da usina de reciclagem de RCD atende aos limites estabelecidos pela norma NBR 10151 (2000). O ponto de medição UR02, localizado na área de maior fluxo de seres humanos, junto à área externa do escritório, excede os limites estabelecidos pela legislação em 0,03%, ou seja, não causa danos tão significativos à saúde dos seres humanos. Entretanto, próximo ao britador, durante o funcionamento do equipamento, o nível de pressão sonora excede o valor estabelecido pela legislação em 18,27%, podendo acarretar em danos severos à audição, quando exposto por um longo período de tempo e com a frequência que este tipo de atividade exige.

O baixo índice encontrado próximo ao acesso deve-se ao fato de o empreendimento estar localizado em uma zona afastada do centro urbano e pelo maior fluxo de veículos, na via onde encontra-se o empreendimento, ser justamente para o descarte do resíduo.

O ponto de medição UR01, junto ao britador, apresenta o índice acima do estabelecido pela legislação, devido à cominuição do material na câmara de britagem, pois o britador é composto por seis martelos, que tem por função realizar a quebra do material ali depositado. Além de se tratar de um equipamento modificado pelo proprietário e que exige manutenção frequente.

Apesar de ser uma atividade que pode causar sérios danos à saúde do operador, não ocorre a fiscalização adequada, pelos órgãos competentes.

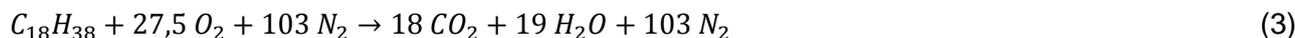
Porém, cabe ressaltar, que o operador da pá-carregadeira utiliza protetores auriculares, do tipo concha, além de o equipamento ser provido de cabine fechada, que minimiza o nível de pressão sonora resultante do processo de britagem.



4.2 Avaliação referente ao transporte – emissão de CO₂

Para obter a quantificação destas emissões foram utilizadas a reação estequiométrica de combustão completa do diesel e os seus valores de densidade, resultando no valor de massa de CO₂ emitido para cada m³ de combustível consumido.

Equações utilizadas:



$$1 \text{ moldiesel} \rightarrow 18 \text{ mols } CO_2$$

$$(18 \times 14 + 38 \times 1) \text{ g/mol} \rightarrow \text{massa molar diesel} \quad (4)$$

$$(14 \times 1 + 2 \times 16) \text{ g/mol} \rightarrow \text{massa molar } CO_2 \quad (5)$$

$$1 \text{ mol } (18 \times 14 + 38 \times 1) \text{ g/mol} \rightarrow 18 \text{ mols } (14 \times 1 + 2 \times 16) \text{ g/mol } CO_2 \quad (6)$$

$$290 \text{ g diesel} \rightarrow 828 \text{ g } CO_2$$

$$\text{Massa específica } (\rho) \text{ H}_2O \rightarrow 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa específica } (\rho) \text{ diesel} \rightarrow 820 \text{ a } 850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densidade} = \frac{\rho_{\text{diesel}}}{\rho_{\text{água}}} \quad (7)$$

Optou-se por adotar 835 kg/m³ como massa específica do diesel, por ser esta a média entre o valor máximo e o mínimo, resultando em uma densidade de 0,85.

$$290 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \div 835 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 3,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ diesel} \quad (8)$$

$$828 \text{ g } CO_2 \rightarrow 8,28 \cdot 10^{-4} \text{ ton } CO_2 \quad (9)$$

$$8,28 \cdot 10^{-4} \text{ ton } CO_2 \div 3,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ diesel} = 2,38 \text{ ton } CO_2/\text{m}^3 \text{ diesel} \quad (10)$$

Ao utilizar o valor médio da massa específica do diesel, para a realização dos cálculos, obteve-se 2,38 t CO₂/m³ diesel (Equação 10), ou seja, para cada m³ de diesel consumido é gerada 2,38 t de CO₂.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM (2010) apresenta como resultante da equação estequiométrica, o valor 2,683 toneladas CO₂/m³, porém não apresenta o detalhamento da equação desenvolvida. Já o Departamento de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente apresenta o valor 2,671 kg CO₂/L de diesel consumido. Optou-se por utilizar como base de cálculo o valor apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente, averiguando as emissões nos cenários estudados mediante a utilização do valor 2,671 kg CO₂/L de diesel.

Considerou-se o consumo médio de 3,4 km/L de diesel para caminhões pesados, valor apresentado pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (2013). Com os valores referências de 2,671 kg CO₂/L diesel e 3,4 km/L diesel, em um percurso de 100 km percorridos serão consumidos 29,41 L de diesel e, conseqüentemente, serão emitidos 78,56 kg CO₂.

A fim de abranger a área de deslocamento utilizou-se para base de cálculos as faixas de distâncias de 100, 200, 300 e 400 km (Tabela 1).



Tabela 1. Emissão de CO₂ por km percorrido

Percurso (km)	100	200	300	400
Consumo de combustível (L)	29,41	58,82	88,23	117,64
Emissão de CO ₂ (kg)	78,56	157,12	235,68	314,24

Com a quantificação de CO₂ observa-se a necessidade da localização de usinas de reciclagem de RCD com uma distância máxima entre si de 200 km, para que cada usina possa atender em um raio máximo de 100 km, minimizando assim o consumo de recursos naturais (combustível) e as emissões atmosféricas (CO₂).

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com as medições dos níveis de pressão sonora apontam que o britador gera ruídos prejudiciais à saúde do trabalhador, pois obteve-se valores acima dos estabelecimentos como aceitáveis pela legislação, o que ressalta a importância da utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) pelos operadores do maquinário. O menor índice observado foi medido junto ao acesso de veículos, sendo este o ponto de medição mais distante do britador e também pelo empreendimento estar localizado em uma via com baixo fluxo de veículos. Já o ponto com maior índice de ruídos foi observado junto ao britador, por se tratar de um equipamento composto por cominuidores de impacto e por ter passado por modificações, sem haver fiscalização do órgão competente.

Os resultados da quantificação de emissão do CO₂ indicam a importância da utilização de materiais produzidos próximos aos locais de consumo, no sentido de minimizar as emissões de poluentes atmosféricos e, portanto, reduzir consumo de combustível, devido às grandes distâncias percorridas.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2013. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalhe.cfm?NoticiasID=2091 Acesso em: 27 de dezembro de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 14001 – Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso, Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Decreto nº 18.481, de 10 de dezembro de 2013. Regulamenta a Lei nº 10.847, de 9 de março de 2010, que institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil no Município de Porto Alegre, estabelecendo as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a Gestão de Resíduos da Construção Civil (RCCs) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2013/12/Decreto-18481.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2014.

CARVALHO JR, João Andrade de; MCQUAY, Mardson Queiroz. Princípios de combustão aplicada. Florianópolis, 2007.



FEPAM, 2010. 1º Inventário de emissões atmosféricas das fontes móveis do Estado do Rio Grande do Sul – Ano Base – 2009. FEPAM – RS, Porto Alegre, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 01, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 63, 02 de abril de 1990.

MIRANDA, Leonardo F. R. Inovações tecnológicas para a triagem de RCD. In.: Seminário Nacional de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. ABRECON, 2015.

QUARESMA, Luiz Felipe. Produto 22 – Agregados para construção civil. Relatório técnico 31 – Perfil de areia para construção civil. J. Mendo Consultoria, 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT31_Perfil_de_areia_para_construcao_civil.pdf/9745127c-6fdc-4b9f-9eda-13fa0146d27d Acesso em: 08 de dezembro de 2014.

SANTOS, Altair. Mineradores de areia tentam reinventar mercado. Portal Itambé, Massa Cinzenta, abril de 2014. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/mineradores-de-areia-tentam-reinventar-mercado/> Acesso em: 29 de janeiro de 2015.

SANTOS, Eder Carlos Guedes dos. Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado. 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2007.