ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE EQUIPAMENTO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS CLASSE A NO CANTEIRO DE OBRAS: ESTUDO DE CASO EM MARINGÁ-PR

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE CLASS A WASTE RECYCLING EQUIPMENT SYSTEM IN THE CONSTRUCTION SITE: CASE STUDY IN MARINGÁ-PR

GUILHERME ASZALOS **RODRIGUES**[1], RICARDO MASSULO **ALBERTIN**[2*], HUGO GABRIEL FERNANDES **VIOTTO**[3]

1. Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM); **2.** Professor Doutor, da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional – FEITEP; **3.** Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional – FEITEP, Maringá-PR;

* Avenida Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá-Paraná, Brasil. CEP:87070-130. prof.ricardo@feitep.edu.br

Recebido em 16/11/2018. **Aceito** para publicação em 09/01/2019

RESUMO

A construção civil é uma grande geradora de empregos, em compensação é um dos setores que mais causa impactos ambientais negativos, principalmente pelo alto consumo de recursos naturais e alta geração de resíduos. A presente pesquisa teve como intuito identificar os resíduos classe "A" de duas obras de grande porte, comparando o gasto financeiro entre ambas e analisando os principais resíduos gerados. Somado a isto foi proposto alternativas e equipamentos que viabilizassem a reciclagem dos resíduos classe "A". Com os dados expostos, verificou-se que de fato é viável a reciclagem desses resíduos no canteiro de obras, tanto por ser um método que ajuda a reduzir os impactos ambientais quanto a gerar economia financeira.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da construção civil, reutilização, impactos ambientais, canteiro de obras.

ABSTRACT

The civil construction is a massive job employer, but, because of waste's generation, causes a big environment impact. The present study aimed to identify class "A" waste from two large works, comparing the financial expense between the two and analyzing the main waste generated. In addition to this, proposed alternatives and equipment would enable the recycling of class "A" waste. With the data presented, it was verified that in fact it is feasible to recycle these wastes at the construction site, both because it is a method that helps to reduce environmental impacts and generate an optimal financial economy.

KEYWORDS: Civil construction residues, reuse, environmental impacts, construction site.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é um dos grandes problemas ambientais no Brasil e a má destinação deles devido à estrutura das cidades faz com que isto se agrave. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais[1], o total de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Brasil em 2015 foi de aproximadamente 72,5 milhões de toneladas, o que resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país e, consequentemente, com destino impróprio (ABRELPE, 2015).

No Brasil a construção civil é uma das atividades que mais utiliza recursos naturais. Segundo Pinto (2005), deve ser reconhecida a importância da construção civil para o desenvolvimento social e econômico, mas não se pode ignorar os impactos ambientais gerados pelo processo do crescimento e desenvolvimento do setor.

A exploração de matérias primas é outro grande problema ambiental do Brasil. A obtenção de areia e pedra britada para a utilização na construção civil causa impactos ambientais significativos, como poluição do ar, água, sonora e visual, assim como impactos relativos às vibrações causadas por detonações de rochas (MECHI E SANCHES, 2010).

Segundo John (1996) e Leite (2001), o mercado da construção civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados, pois a atividade de construção é realizada em qualquer região, o que reduz custos como o de transporte.

Segundo Monteiro (2001) a reciclagem é responsável por reduzir em média 300 kg/m² de resíduos, diminuindo os problemas ambientais causados pela má destinação e também pela exploração ambiental para obtenção de materiais.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos classe A em uma construção de dois edifícios, até sua destinação final, e comparar a geração de resíduos em duas obras da mesma construtora e com características semelhantes.

Por fim, será possível avaliar se existe ou não a viabilidade financeira para obtenção de equipamento de reciclagem de resíduos para uma construtora ou destiná-los há uma empresa responsável pela sua reciclagem ou reaproveitamento.

2. MATERIAL E MÉTODO

Caracterização dos empreendimentos

Para a realização da pesquisa em campo, foram escolhidas duas obras de características semelhantes, intituladas Obra/Edifício A e Obra/Edifício B. Obras essas de responsabilidade de uma construtora de edifícios comerciais e residenciais. As obras/edifícios A e B estão localizadas na cidade de Maringá. A Tabela 1 apresenta dados de projetos/construtivos das obras em questão.

Tabela 1. Dados de construção e projeto das obras selecionadas

	Obra/ Edifício A	Obra/ Edifício B
Área total	1.522,50 m²	1.407,20 m²
Área a ser construída	11.200,00 m²	11.962,00 m²
Nº pavimentos tipo	25	17
Nº apartamentos tipo	50	32
Salas comerciais	Não aplicável	Possui
Apartamentos por andar	2	2
Área do apartamento	224,00 m²	321,00 m²
Dúplex	Não aplicável	2
Área dúplex	Não aplicável	Inferior: 355 m² Superior: 127 m²
Vagas de garagem	50	104
Fase da obra	Revestimento	Revestimento
Início da construção	Agosto de 2011	Fevereiro 2013
Previsão de término	Dezembro de 2018	Dezembro de 2019

Fonte: Os autores (2018)

Procedimentos metodológicos

Para atingir os objetivos desse trabalho, primeiramente foram realizados estudos bibliográficos abordando assuntos como sustentabilidade, aspectos econômicos, equipamentos e formas de reciclagem de resíduos, a sua aplicação e importância na construção civil.

Após fazer esses estudos, foram realizadas pesquisas em campo onde foi utilizado o método qualitativo, pois essa forma de estudo nos permite uma melhor exploração dos fatos, com a realização de entrevistas aos funcionários de cada setor da obra e a observação dos processos da reciclagem de resíduos em construções considerada de grande porte, assim com ajuda dos documentos de coletas oferecidos pela própria empresa foi possível adquirir dados necessários para obter o resultado.

O estudo aqui referido fora divido em 3 etapas, sendo elas: a pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e pesquisa documental.

Primeiramente foi aplicado um questionário, com o intuito de esclarecer dúvidas da obra. Assim foi possível compreender assuntos relacionados como as fases da construção que geraram mais resíduos, a frequência de coleta, e a destinação final dos entulhos gerados.

Após obter as respostas do questionário, foram realizadas algumas visitas nas obras com a ajuda do mestre de obras para compreender melhor as fases da edificação.

Equipamentos da reciclagem

A escolha e indicação dos equipamentos para reciclagem no canteiro de obras foi obtido por meio de pesquisa bibliográfica e levantamento diretamente com empresas do setor.

Partindo desta pesquisa, optou-se pela adoção de dois equipamentos: moinho de martelo e britador de mandíbulas, pois ambos reciclam resíduos de classe A, possuem um baixo custo financeiro, fácil manuseio e medida adequada para se alocar no canteiro de obras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação dos resíduos gerados nas obras

A partir das visitas técnicas e entrevistas com os funcionários das obras selecionadas, foi possível obter a correlação entre as duas obras e verificar se pelo fato delas serem de características semelhantes e processos construtivos similares a geração de resíduos são coincidentes. Na Tabela 2 são apresentadas as perguntas realizadas para os mestres de obras de cada construção e suas repostas.

A partir do questionário, das visitas em campo e registros de coleta oferecida pela própria empresa, foi possível estabelecer a quantidade de caçambas, volume de resíduos e gastos financeiros que cada obra teve nessa fase de revestimento (Tabela 3).

Tabela 2. Questionário feito aos metres de obras de cada construção

Perguntas	Obra/Edifício A	Obra/Edifício B
Qual a fase atual da obra?	Revestimento e pintura.	Revestimentos.
Mês e ano que foi iniciado a fase atual da obra?	Maio de 2017	Junho de 2017
Existe aproveitamento de resíduos classe a dentro da obra?	Não é reaproveitado nenhum tipo de resíduos classe A.	Não é reaproveitado nenhum tipo de resíduos classe A.
Dentro dos resíduos de classe a qual tipo que teve maior geração?	Argamassa.	Argamassa e placas de revestimento.
Para aonde é armazenado os resíduos da sua geração até sua destinação final (caçamba)? Os resíduos de classe a são separados dos demais?	Os resíduos são separados ao canto dos cômodos aonde se encontra a porta da cremalheira de cada pavimento, e todos os sábados os funcionários fazem a coleta desses materiais. Exclusivamente caixas de papelão, os demais resíduos são separados, as vezes algum ferro que não foi visto na separação vai para a caçamba.	Os resíduos são separados ao canto dos cômodos aonde se encontra a porta da cremalheira de cada pavimento, e dois sábados por mês os funcionários fazem a coleta desses materiais. Exclusivamente caixas de papelão, os demais resíduos são separados dos demais.
Capacidade e custo por Caçamba?	Capacidade de 4 metros cúbicos e 120,00 reais por caçamba.	Capacidade de 4 metros cúbicos e 120,00 reais por caçamba.
Qual a média e o gasto mensal que a obra tem para realizar a disposição dos resíduos?	Média de 6 a 15 caçambas depende a fase que se encontra a obra. Gasto mensal de 720 a 1800 reais.	Média de 4 a 15 caçambas depende a fase que se encontra a obra. Gasto mensal de 580 a 1800 reais.
Previsão de término da obra?	Dezembro de 2018.	Estima-se uma previsão de dezembro de 2019, porém depende do investimento dos condôminos.

*Levantamento in loco. **Fonte:** Os autores

Tabela 3. Identificação da quantidade de resíduos gerados na fase de revestimento de cada obra.

Obra	Fase da obra	Quantidade de caçambas	Volume total de resíduos (m^3)	Despesa financeira total
Obra A	Revestimento.	132 .	528 metros cúbicos.	15.840,00 reais.
Obra B	Revestimento.	97	392 metros cúbicos.	14.380,00 reais.

*Levantamento in loco. **Fonte:** Os autores

A quantidade média de resíduos da construção civil gerados na fase de revestimento da obra/edifício A foi de 11 caçambas mensais e na obra/edifício B obteve a média mensal de aproximadamente 8 caçambas. Nesse período de um ano nota-se uma variação na quantidade de resíduos gerados em ambas as obras, devido a etapa que se encontrava a fase de revestimento de cada obra.

Na Figura 1 é possível observar o aumento da geração de resíduos em metros cúbicos nas duas obras estudadas em função do período que se encontrava a fase de revestimento:

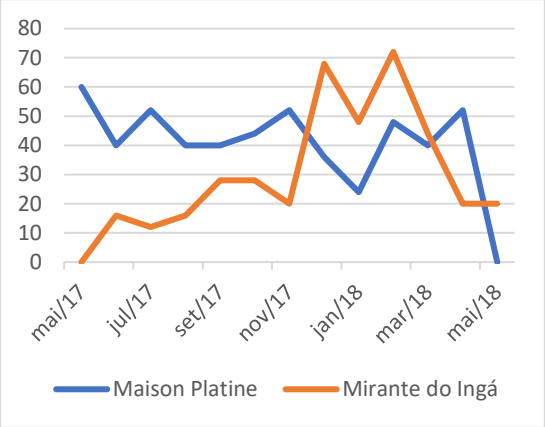

Figura 1. Volume de resíduos gerado nas obras/edificações A e B no período de um ano (metros cúbicos). **Fonte:** Os autores (2018)

Observa-se a figura apresentada que o período que teve a maior geração de resíduos na obra/edifício A foi no primeiro mês da fase de revestimento em maio de 2017, totalizando 15 caçambas de $4m^3$, isso gerou em torno de 60 metros cúbicos mensal. Somado a isto, foi na fase inicial do revestimento onde ocorreu o corte da alvenaria para realização das instalações elétricas e hidráulicas.

Na obra/edifício B o período de maior geração de resíduos foi no mês de fevereiro de 2018, com um total de 18 caçambas de 4 m^3, gerando um volume de 72 metros cúbicos mensal. Nesse mês estava sendo realizado reboco interno e externo, porém o método de trabalho utilizado pelos funcionários da obra é coletar os resíduos quando terminam algum tipo de serviço, assim gerou um grande acúmulo de resíduos.

Por fim é claramente notado com na Figura 1, que a obra/edifício A não sofreu variações significativas no seu volume mensal como ocorrera na obra/edifício B, fato se explica devido a forma de coleta realizado pelos funcionários de cada obra.

Conforme as visitas técnicas e conversas com o mestre de obras de cada construção, foi obtido uma porcentagem aproximada da caracterização dos resíduos de classe A gerados nas obras selecionadas na fase de revestimento, como mostra as figuras 2 e 3.

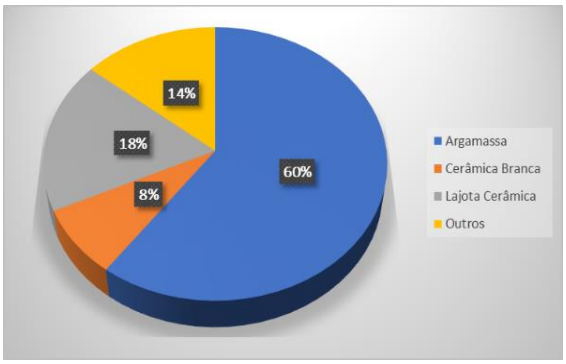

Figura 2. Composição de fração de resíduos classe A gerados na obra/Edifício A **Fonte:** Os autores (2018)

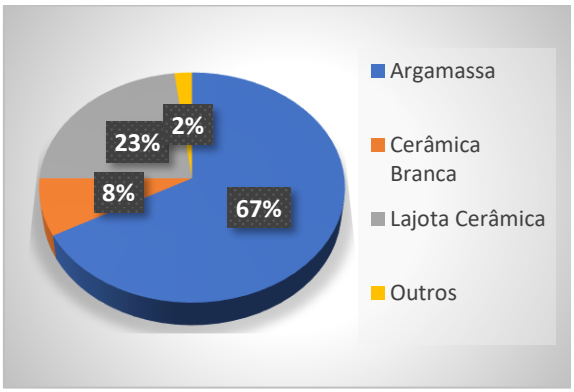

Figura 3. Composição de fração de resíduos classe A gerados na obra/edifício B. **Fonte:** Os autores (2018)

Nas figuras 2 e 3 observa-se que a argamassa e a lajota cerâmica possuem a maior geração em ambas as obras corroborando com Leite (2001), a argamassa, solo/areia e as cerâmicas são os componentes da construção civil que mais geram resíduos todos eles de classe A.

Conforme o estudo de Blumenschein (2007), afirma que 60% dos resíduos gerados no canteiro de obra são de classe A e sendo um dos maiores potenciais de reciclagem.

Em vista disso, uma solução para diminuir os impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção civil, é adotando uma forma de triagem e reciclagem dos resíduos classe A dentro do canteiro de obras.

Solução para minimização dos resíduos gerados

Além da indústria da construção civil causar impactos ambientais com a geração de resíduos dentro da obra, não reciclar esses materiais aumenta a exploração de matéria prima como brita e areia. O fato de se reciclar esses resíduos no canteiro de obras também tem a vantagem de utilizar o espaço físico que esses resíduos ocupam na obra para outros fins.

Se levarmos em consideração o percurso que cada caminhão responsável pela coleta percorre até chegar nas construções para retirada das caçambas e sua disposição final, haverá impactos ambientais sobre a qualidade do ar, a partir da emissão de dióxido de carbono (CO2).

Portanto a solução proposta para que haja a redução dos impactos ambientais causado pelas obras analisadas, foi a implantação de um equipamento de reciclagem no canteiro de obra de ambas construções.

Conforme as visitas técnicas e entrevistas realizadas com os funcionários das obras, foi possível observar a forma que é realizada o gerenciamento dos resíduos classe A dentro das obras. Em geral, o gerenciamento é praticamente o mesmo, o que difere entre elas é que na obra/edificação B a limpeza de resíduos na construção é realizada duas vezes por mês e na obra/edificação A é semanal. Então foi observado o processo de gerenciamento de resíduos classe das obras da seguinte forma:

A partir do momento que o resíduo é gerado, ele é acumulado no local até que se termine o serviço. Após a conclusão do serviço o material é acondicionado no cômodo aonde fica localizado a porta de entrada e saída da cremalheira.

Caso o resíduo tenha sido gerado no térreo, é feito a sua separação para que não contenha algum tipo de material que não seja permitido pela empresa de coleta como: gesso, pneu, isopor e vidro. É separado também os materiais por opção do mestre de obras como: sacos de cimento, ferros visíveis, madeiras e tubulações que não sejam possíveis seu reuso.

Após esse processo os resíduos são encaminhados para as caçambas (Figura 4). Os demais resíduos gerados nos outros pavimentos são retirados nos dias quando os trabalhadores realizam a limpeza na obra. Ao chegar no térreo é feito a separação desses resíduos, até que reste apenas resíduos aceitos pela empresa de coleta e reciclagem/aterro.

Assim é armazenado na caçamba, onde a empresa responsável pelo transporte dos resíduos leve até sua disposição final (aterro responsável com autorização ambiental).

Figura 4. Resíduos acondicionados na caçamba até sua destinação final. **Fonte:** Os autores (2018)

Depois de analisar a gestão dos resíduos nas duas obras/edificações do estudo realizou-se uma pesquisa no mercado sobre equipamentos para reciclagem de resíduos Classe A. Assim, para escolha do equipamento, partiu-se da premissa de um equipamento para triturar entulhos e transforma-lós em agregados. Neste caso optou-se pelos seguintes equipamentos: britador de Mandíbulas e triturador Tritec. A Tabela 4 traz informações sobre os equipamentos propostos.

Tabela 4. Informações sobre os equipamentos selecionados.

	Britador de mandíbulas	**Triturador Tritec**
Empresa fabricante	Sahara Tecnologia	Nowo Máquinas
Valor	R$ 60.000,00	R$ 22.000,00.
Medidas	Dimensão: altura 1,03m x comprimento 1,75m x largura 76 cm Porta de alimentação	Dimensão: 1,60x1,17 m. Porta de alimentação: 410x390 mm.
Potência motor	5.5 cavalos.	10 cavalos.
Capacidade de metros cúbicos por hora	5 metros cúbicos/hora.	0,50 metros cúbicos/hora.
Tipos de resíduos que podem ser reciclados	Rochas resistentes e resíduos da construção civil desde que não possuam ferragem em seu interior.	Telhas, tijolos, pavers blocos, tubo e materiais cerâmicos. Todos esses resíduos desde que não possuam ferragem em seu interior.
Agregado reciclado	Tritura e separa de acordo com sua escolha como: pedrisco, pó de pedra e pedras tamanho 1	Tritura e separa agregado fino do grosso.
Informações adicionais	Sistema de peneiramento, britador primário e secundário e sistema duplo de mandíbulas.	Sistema de peneiramento Revestimento interno de aço manganês.

Fonte: Os autores (2018)

Em relação à indicação e custos dos equipamentos, observou-se que britador de mandíbulas possui um custo quase três vezes maior que o triturador Tritec, porém a produtividade por hora do britador é 10 vezes maior que o triturador.

Com essas comparações o critério seria a necessidade da obra e a viabilidade econômica para a decisão de qual equipamento utilizar.

Apenas para fins de comparação, observou-se que a obra/edificação A gastou com o transporte e disposição dos resíduos um total de R$ 15.840,00 reais e a obra/edificação B gastou R$ 14.380,00 reais.

Após obter o custo total de coletas realizadas no período de um ano de cada obra, o próximo passo foi calcular uma média do valor aproximado em que as obras iriam economizar na compra de pedra britada para a realização do piso comum de cada pavimento tipo e utilizar o agregado reciclado no próprio canteiro para essa tarefa.

Considerou que para cada 1m³ de concreto para piso, é utilizado uma porcentagem de 4% de pedra britada e o valor por m³ desse agregado na cidade de Maringá custa em média de R$ 70,00. Baseado nesses dados os resultados obtidos para cada obra são apresentados na Tabela 5:

Tabela 5. Valor total aproximado na compra de brita para a realização do piso de todos pavimentos tipo de cada obra.

	Obra/edificação A	**Obra/edificação B**
Número de pavimentos tipo	25	17
Número de apartamentos por andar	2	2
Área de cada apartamento	224,00 m²	321,00 m²
Dúplex	Não aplicável	2, com área total de 482,00 m² cada
Volume total aproximado de brita para realização dessa tarefa	448,00 m³	423,76 m³
Valor aproximado da compra de brita para realização do piso de todos os pavimentos tipo	R$ 31.360,00	R$ 29.663,200

Fonte: Os autores (2018)

A cada obra analisada, com as despesas que cada construção tem para o transporte dos resíduos e agregados do tipo pedra britada na realização do piso comum de cada pavimento tipo, onde a obra/edificação A obteve um gasto total de R$ 47.200,00 enquanto a obra/edificação um gasto de R$ 44.043,00.

A partir disso foi apresentado como solução aplicar o reciclador de menor valor (triturador Tritec), apesar do equipamento britador de mandíbulas ter uma produtividade 10 vezes maior, para esse estudo não seria viável sua adoção na obra, por ter um valor financeiro alto

Levando em consideração que cada obra mensalmente tenha gerado um valor médio aproximado de 10 caçambas, a produção de 0,5 m³/h do triturador Tritec seria o suficiente para a reciclagem mensal dos resíduos classe A de cada obra.

Considerando uma geração de dez caçambas mensais em cada obra, seria necessário um total aproximado de três horas e meia por dia, em 24 dias de funcionamento do equipamento Tritec, para que possa ser realizada toda a reciclagem desse material em uma produção de 0,5 m³/hora.

Portanto a reciclagem de resíduos classe A, dentro do canteiro de obra, nessa pesquisa obteve um resultado financeiro positivo, pois em ambas as obras o gasto gerado com coletas no período de um ano e na compra de agregados do tipo brita para a realização somente dos pisos comuns de cada pavimento tipo apresentou um valor maior que necessário para a compra do equipamento de reciclagem triturador Tritec.

Além do lucro financeiro, a reciclagem no canteiro de obras contribui positivamente no quesito ambiental, pois as obras iriam deixar de utilizar cerca de 870,00 m³ de pedra britada e substituir por agregado reciclado.

Sendo assim, a utilização do equipamento de reciclagem de resíduos classe A no canteiro de obra, mostrou-se uma boa alternativa para a redução de impactos ambientais na utilização de recursos naturais, substituindo por agregado reciclado, assim gerando uma ótima economia financeira na compra desse material

4. CONCLUSÃO

Os resíduos sólidos gerados dentro das obras de construção civil podem ser reciclados e utilizado no seu próprio canteiro de obras.

Com a instalação de equipamentos de reciclagem, dependendo da situação, é possível gerar redução de custos com a obra e até mesmo lucro, como foi no caso dessa pesquisa.

Vale ressaltar que, a prática da reciclagem minimiza os impactos ao meio ambiente, logo que, as extrações de minérios pertinentes à construção civil acabam sendo utilizadas em menor escala.

Outro aspecto importante refere-se ao fato de que os agregados naturais como brita e areia um dia podem entrar em escassez, e, seu custo financeiro e demanda aumentar. Partindo desse pensamento a utilização dos agregados reciclados poderia ser uma prática mais incentivada.

Em virtude dos fatos mencionados nessa pesquisa, percebe-se que de fato foi viável a adoção do equipamento de reciclagem no canteiro de obra, tanto no quesito econômico. Apesar de ter o gasto para a compra desse equipamento ele daria um ótimo retorno financeiro.

Além disso essa pratica ajudaria a aumentar o espaço físico dentro da obra, onde grande parte dos resíduos ocupam, aguardando sua destinação final, assim melhorando a locomoção dos funcionários nas obras e liberando espaço para armazenar outros materiais.

REFERÊNCIAS

[1] ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil, 2015.

[2] Blumenschein RN. Manual técnico: Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras. Brasília: SEBRAE/DF. 2007. 48 p.

[3] Leite MB. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidoscom agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 290p. 2001.

[4] John VM. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

[5] Monteiro JHP. *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

[6] Pinto TP. Gestão ambiental de resíduos da construção civil – A experiência do SINDUSCON-SP. São Paulo: Obra Limpa; Instituto e Técnicas em Construção Civil; SINDUSCON-SP, 2005; 48 p.

[7] Mechi A, Sanches DL. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos avançados. 2010; 24(68):209-220.